За рулем

Основы конструкции автомобиля



УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

ОК 005-93, т. 2; 953750
УДК 629.113.001(075)
ББК 39.33
И20

*Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальностям: **«Автомобиле- и тракторостроение»**, **«Автомобили и автомобильное хозяйство»**, **«Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)»**, **«Организация перевозок и управление на транспорте (Автомобильный транспорт)»** и **«Организация и безопасность движения (Автомобильный транспорт)»**.*

Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др.
И20 Основы конструкции автомобиля. — М. ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. — 336 с.: ил.
ISBN 5-9698-0003-1

Книга является учебным пособием для студентов технических специальностей автомобильных вузов при изучении курса «Основы конструкции автомобиля», может быть использована для курса «Техника транспорта» при подготовке экономистов и менеджеров автомобильного профиля в вузах и в системе среднего профессионального образования, а также может быть полезна всем, кто интересуется конструкцией современных автомобилей.

УДК 629.113.001(075)
ББК 39.33

ISBN 5-9698-0003-1

Предисловие

На современном рынке автомобилей мы видим огромное количество моделей, которые отличаются назначением, техническими характеристиками, ценой и т. д. Одна из причин этого многообразия — жесткая конкуренция между фирмами-изготовителями автомобилей. Для привлечения потенциальных покупателей производители автомобилей стремятся предложить продукцию, максимально удовлетворяющую запросы отдельных групп потребителей, а также сократить время разработки новых моделей, в конструкцию которых заложены наиболее передовые технические решения. При этом совершенствование современных автомобилей происходит по общим законам, определяемым экономическими, экологическими и социальными причинами.

Авторы книги, сотрудники кафедры автомобилей Московского автомобильно-дорожного института (Государственного технического университета — МАДИ-ГТУ), провели анализ конструкций современных автомобилей. Дана их классификация, сформулированы требования к автомобилям и их узлам, на примере конкретных образцов рассмотрены преимущества и недостатки наиболее популярных технических решений.

Книга содержит краткую историю постоянно совершенствующейся конструкции автомобиля и пути ее дальнейшего развития.

Книга является учебным пособием для студентов технических специальностей автомобильных вузов при изучении курса «Основы конструкции автомобиля» — начального этапа профессиональной подготовки. Может использоваться для курса «Техника транспорта» в рамках обучения экономистов и менеджеров автомобильного профиля в вузах, а также в системе среднего профессионального образования.

Вместе с тем, популярная форма изложения материала позволяет надеяться, что книга может быть полезна всем, кто интересуется конструкциями современных автомобилей.

Зав. кафедрой автомобилей МАДИ (ГТУ)
д. т. н., проф. А. М. Иванов

Оглавление

ГЛАВА 1

Общие сведения об автомобиле

Человечество во все времена искало возможности для перемещения на большие расстояния, затрачивая на это минимальное время. Первоначально для этого использовались животные, позже стали создаваться механические средства для перевозки людей и грузов по земле, воде и воздуху. В нашу эпоху наиболее массовым наземным транспортным средством является автомобиль.

§ 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ

Автомобиль — наземное безрельсовое механическое транспортное средство, приводимое в действие собственным двигателем и имеющее не менее четырех колес. В ряде случаев к автомобилям относят и трехколесные транспортные средства, если их собственная масса превышает 400 кг.

Запас источника энергии для работы двигателя может находиться непосредственно на автомобиле (топливо в баках, электрическая энергия тяговых аккумуляторных батарей) либо подводиться от стационарных устройств (контактная сеть троллейбуса).

Попытки создания безлошадных «самобеглых» экипажей предпринимались начиная с XVII в. На рис. 1.1 изображена трехколесная повозка с паровым двигателем, созданная военным инженером Николя Кюньо во Франции в 1769 г. Паровая машина, развивавшая мощность около 2 л. с., располагалась на переднем колесе и поворачивалась вместе с ним. Повозка могла перевозить до 3 т груза со скоростью 2–4 км/ч. При движении требовались частые остановки для поддержания огня в топке, чтобы постоянно обеспечивать необходимое давление пара. В те годы экипажи с паровым двигателем не могли конкурировать с гужевыми повозками и поэтому не получили широкого применения.



Рис. 1.1. Экипаж Николя Кюньо с паровым двигателем

Ситуация принципиально изменилась после создания двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В 1859–1860 гг. французский механик Этьен Ленуар построил поршневой двигатель, который работал за счет сжигания в цилиндре светильного газа. Правда,





Рис. 1.2. **Первые автомобили: а — Карла Бенца; б — Готлиба Даймлера**

конструкция такого двигателя была ближе к паровой машине, чем к известному нам двигателю внутреннего сгорания. Более удачную конструкцию двигателя создал в 1876 г. в Германии Николаус-Август Отто. Поршневой газовый двигатель Отто работал по четырехтактному циклу (один рабочий ход поршня и три подготовительных), смесь газа с воздухом сжималась в цилиндре перед воспламенением запальной свечой.

Реально применить двигатель внутреннего сгорания на колесном экипаже удалось лишь после перевода его с газового топлива на жидкое нефтяное (бензин). Заслуга в создании такого двигателя принадлежит Готлибу Даймлеру. В 1885–1886 гг. немецкие инженеры Г. Даймлер и К. Бенц независимо друг от друга запатентовали коляски с двигателем внутреннего сгорания, которые и принято считать первыми в мире автомобилями (рис. 1.2). Двигатель Даймлера имел частоту вращения в 4–5 раз выше, чем у газовых двигателей того времени, что при равной мощности позволило существенно снизить габариты и массу двигателя.

Начало истории российского автомобилестроения положил автомобиль, построенный петербуржскими промышленниками Е. А. Яковлевым и П. А. Фрезе в 1896 г. (рис. 1.3). Экипаж имел одноцилиндровый четырехтактный двигатель и мог развивать скорость свыше 20 км/ч. Двигатель имел ряд технических новшеств: электрическое зажигание, съемную головку цилиндра, смазку деталей под давлением.

Справедливости ради надо отметить, что в конце XIX — начале XX в. с бензиновыми автомобилями успешно конкурировали автомобили с электрическим и паровым приводом; было создано и выпускалось достаточно большое их количество. Но преимущества ДВС привели к тому, что постепенно (после 1910 г.) выпуск электро- и паромобилей сократился до минимума.

Паровые легковые автомобили фирмы Стенли, Уайт и Добл в США производились до середины 30-х годов. В Англии паровые грузовики Фоден и Сентинел выпускались и в 50-е годы. В целом причиной прекращения их производства стала даже не столько низкая экономичность, сколько эксплуатационные неудобства: долгий разогрев котла, сложность контроля за силовой установкой, замерзание воды зимой.

Конец XIX — начало XX в. характеризуются началом промышленного производства автомобилей во многих странах мира. В России среди других производителей наиболее крупным в тот период являлся авто-



Рис. 1.3. **Первый российский автомобиль, построенный Е. А. Яковлевым и П. А. Фрезе**

мобильный отдел Русско-Балтийского вагонного завода в Риге. В общей сложности предприятие с 1909 по 1915 г. выпустило более 800 автомобилей марки «Руссо-Балт» различных моделей (рис. 1.4).

Конструкция большинства автомобилей, выпускаемых в этот период, имела общие технические решения:

- четырехколесный (двухосный) экипаж, передние колеса управляемые, а задние, ведущие колеса были оснащены пневматическими шинами;
- несущим элементом автомобиля являлась рама, в передней части которой продольно был установлен многоцилиндровый двигатель внутреннего сгорания;
- трансмиссия состояла из фрикционного сцепления, одного или нескольких зубчатых редукторов (также применялись цепные или ременные передачи);
- рулевое управление включало в себя рулевое колесо, которое через редуктор было связано с передними поворотными колесами. Шкворни правого и левого управляемых колес соединялись шарнирной рулевой трапецией.



Рис. 1.4. **Руссо-Балт К-12/20**

Многие принципиальные решения, заложенные в конструкцию автомобиля в те годы, успешно применяются и в настоящее время.

Сдерживало развитие автомобилизации в указанный период то, что выпускаемые автомобили имели высокую цену при низкой надежности. Они приобретались либо состоятельными людьми, либо для оснащения армии.

Началом массового выпуска автомобилей можно считать создание американским предпринимателем Генри Фордом удачной конструкции автомобиля «Ford-T» (рис. 1.5) и применение для его сборки с 1913 г. специализированного конвейера, что позволило резко увеличить объемы выпуска и, как следствие, снизить себестоимость автомобиля. За 19 лет было выпущено свыше 15 млн этих автомобилей. Автомобиль стал доступен гражданам со средним достатком. Можно сказать, что именно тогда автомобиль из экзотической игрушки превратился в массовое транспортное средство.

Важной вехой в истории автомобилестроения является начало применения на автомобилях двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия. Данный тип двигателя был запатентован немецким инженером Рудольфом Дизелем в 1892 г., но на автомобилях (в первую очередь грузовых) дизель начал серийно устанавливаться в 20-е годы XX в. (рис. 1.6).



Рис. 1.5. **Первый массовый автомобиль Ford-T (США)**



Рис. 1.6. **Грузовой автомобиль с дизельным двигателем MAN 3Zc, 1924 г.**

Период с конца 20-х годов до начала Второй мировой войны характеризовался совершенствованием отдельных систем автомобиля, увеличением мощности двигателей и скоростей движения. Фирмы-изготовители экспериментируют с местом расположения двигателя, с устройством подвески и трансмиссии. По заказу армии создаются многоосные автомобили, в том числе повышенной проходимости. Конструкции автомобилей различного назначения начинают существенно отличаться друг от друга.

После Второй мировой войны (в 50 — 60-е гг.) произошло резкое увеличение объемов выпуска автомобилей.

Революционным решением того времени было массовое применение в конструкции легковых автомобилей и автобусов несущих (безрамных) кузовов. Это позволило облегчить автомобиль, экспериментировать с формой кузова, расположить двигатель поперек автомобиля, сделать ведущими передние колеса и т. д.

Но резкое увеличение количества автомобилей привело и к негативным последствиям: повысилось число погибших и раненых на дорогах, загрязнилась окружающая среда, стала ощущаться нехватка углеводородного топлива.

Для уменьшения тяжести последствий массовой автомобилизации фирмы-изготовители под давлением общества и государства стали вносить в конструкцию существенные изменения. Можно проследить три этапа совершенствования конструкции автомобилей:

1. Повышение конструктивной безопасности (с начала 60-х годов).

В этот период на автомобиле стали применяться ремни и подушки безопасности, безопасные стекла, двухконтурные тормозные системы, ударопоглощающие бамперы и т. д.

2. Уменьшение расхода топлива (после нефтяных кризисов 70-х годов).

В это время началась борьба за снижение собственной массы автомобиля, приданий ему аэродинамических форм. Совершенствуется конструкция двигателей, шин, исследуется вопрос применения альтернативных (не нефтяного происхождения) видов автомобильного топлива.

3. Уменьшение негативного влияния на окружающую среду (с середины 80-х годов).

Совершенствуется рабочий процесс двигателя, применяются различные фильтры и нейтрализаторы отработавших газов, уменьшающие объем вредных выбросов автомобиля. За счет различных конструктивных решений автомобиль становится менее шумным. Возникает вопрос о приспособленности конструкции автомобиля к переработке (утилизации) после прекращения эксплуатации. Исследуются экологически чистые типы силовых агрегатов.

Организация массового производства автомобилей в нашей стране приходится на период 1932–1941 гг. и связана со строительством Нижегородского автомобильного завода (ныне ГАЗ) и реконструкцией московского завода АМО (ныне АМО ЗИЛ). ГАЗ выпускал грузовые автомобили ГАЗ-АА и легковые ГАЗ-А (рис. 1.7), московский завод — грузовые ЗИС-5 (рис. 1.8).

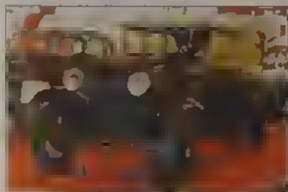

Рис. 1.7. **Легковой автомобиль ГАЗ-А, 1932 г.**


Рис. 1.8. **Автомобиль ЗИС-5, 1933 г.**









Рис. 1.9. **Отечественные легковые автомобили 50–60-х гг.: а — ГАЗ-М20 «Победа», 1954 г.; б — ЗАЗ-965, 1965 г.; в — ГАЗ-21Р «Волга», 1965 г.; г — Москвич-407, 1959 г.**

В годы Великой Отечественной войны и после ее окончания были введены в строй новые заводы в городах Ульяновске (УАЗ), Минске (МАЗ), Запорожье (ЗАЗ), Кременчуге (КрАЗ), Миассе (УралАЗ) и т. д. Развернут массовый выпуск легковых автомобилей на Московском заводе малолитражных автомобилей МЗМА (впоследствии «Москвич»). Некоторые модели легковых автомобилей этого периода изображены на рис. 1.9.

Резкое увеличение объема выпуска отечественных автомобилей связано с введением в строй в 1970 г. Волжского автомобильного завода (ВАЗ, г. Тольятти) и чуть позже Камского объединения по производству большегрузных автомобилей (КамАЗ, г. Набережные Челны).

§ 2

АВТОМОБИЛЬ И СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ. ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Современное общество невозможно представить без автомобиля. В мире (на 2004 г.) ежегодно производится:

- свыше 42 млн легковых автомобилей;
- около 5 млн легких развозных автофургонов;
- около 1,5 млн грузовых автомобилей, из них 780 тыс. тяжелых грузовиков;
- свыше 240 тыс. автобусов.

Многочисленный автомобильный рынок характеризуется значительным количеством производителей автомобилей, многообразием конструкций, созданных для использования в различных сферах деятельности человека: перевозка грузов и пассажиров, активное проведение досуга. Автомобиль может быть предметом массового потребления, средством для занятия спортом, носителем различных видов вооружения и т. д. На первый взгляд, многообразие сфер применения и задач, которые должны решаться с помощью автомобиля, приводит к хаотичному развитию автомобильных конструкций. В действительности автомобильный мир живет по достаточно жестким правилам, и, чтобы понять эти правила, надо сначала разобраться, какие требования предъявляются к конструкции автомобиля и кто эти требования выдвигает.

Требования к конструкции современного автомобиля выдвигаются со стороны общества, владельца и изготовителя автомобиля.

Общество обеспокоено тем, чтобы автомобиль не представлял повышенной опасности для людей, не загрязняя чрезмерно окружающую среду.

Владелец автомобиля желает, чтобы он сам, его пассажиры или груз были быстро, безопасно и с наименьшими затратами доставлены к пункту назначения. При этом современный автомобиль во многих случаях рассматривается владельцем не только как транспортное средство, но и как материальный предмет, который должен доставлять ему эстетическое удовольствие своим внешним видом, обеспечивать комфорт при использовании, подчеркивать уровень его благосостояния и т. п.

Производитель автомобиля, учитывая требования общества, стремится приспособить конструкцию автомобиля к желаниям будущего владельца и снизить себестоимость его производства.

На этапе производства изготовитель также предъявляет требования соответствия разработанной конструкции технологическим возможностям заводов, патентной чистоты изделия и проч., позволяющие обеспечивать в конечном итоге конкурентоспособность выпускаемых автомобилей.

Кроме того, требования к конструкции существенно зависят от условий эксплуатации, т. е. на каких дорогах, в каких климатических зонах будет эксплуатироваться автомобиль, каких пассажиров или какие грузы предполагается перевозить.

Сравнение весомости требований, выдвигаемых обществом, владельцем, изготовителем показывает, что требования первой стороны обязательны для выполнения и отражены в государственных нормативных актах (законодательные ограничения). Прочие требования к конструкции автомобиля диктует будущий владелец, покупая тот автомобиль, который удовлетворяет его требованиям в наибольшей степени. Требования изготовителя к конструкции являются вторичными, т. е. направлены на удовлетворение требований как можно большего числа будущих владельцев.

Автомобиль, в наибольшей степени удовлетворяющий требованиям владельца, общества и изготовителя, считается наиболее эффективным и качественным. Качество автомобиля определяется совокупностью его свойств, определяющих способность удовлетворить заданным требованиям в определенных условиях эксплуатации.

Попробуем разобраться в том, какие свойства автомобиля определяют его качество.

Все свойства автомобиля можно разбить на три группы: функциональные, потребительские и свойства общественной безопасности.

Функциональные свойства определяют способность автомобиля эффективно выполнять свою основную функцию — перевозку людей, грузов, оборудования, т. е. характеризуют автомобиль как транспортное средство. К этой группе свойств, в частности, относятся:

— тягово-скоростные свойства — способность двигаться с высокой средней скоростью, интенсивно разгоняться, преодолевать подъемы;

— управляемость и устойчивость — способность автомобиля изменять (управляемость) или поддерживать постоянными (устойчивость) параметры движения (скорость, ускорение, замедление, направление движения) в соответствии с действиями водителя;
— топливная экономичность — путевой расход топлива в заданных условиях эксплуатации;
— маневренность — способность движения на ограниченных площадях (например, на узких улицах, во дворах, парковках);
— проходимость — возможность движения в тяжелых дорожных условиях (снег, распутица, преодоление водных преград и т. п.) и по бездорожью;
— плавность хода — способность движения по неровным дорогам при допустимом уровне вибровоздействия на водителя, пассажиров и на сам автомобиль;
— надежность — безотказная эксплуатация, длительный срок службы, приспособленность к проведению технического обслуживания и ремонта автомобиля.

Комплекс потребительских свойств характеризуется способностью удовлетворять требования владельца автомобиля (водителя, пассажира), не связанные непосредственно с эффективностью выполнения транспортного процесса. В этом случае автомобиль рассматривается не как транспортное средство, а как личная собственность владельца, часть его образа жизни. Перечень потребительских свойств автомобиля каждым человеком определяется индивидуально. К потребительским свойствам можно отнести:

— уровень комфорта при использовании — сложное свойство, определяемое удобством посадки, входа-выхода, наличием систем регулирования температуры (отопитель, кондиционер, климат-контроль), качеством аудиосистемы, наличием сервоприводов (электроподъемники стекол, дистанционное закрывание дверей и т. п.), качеством материалов обивки салона и т. д.;
— приспособленность к перевозке громоздких или длинномерных вещей (например, лыж);
— наличие устройств связи с внешним миром (встроенный телефон, телевизор, навигационная система);
— привлекательность внешнего вида автомобиля;
— престижность и соответствие моде.

Свойства общественной безопасности, как правило, жестко регламентируются государством в законодательном порядке (законодательные ограничения) и контролируются перед началом выпуска модели и в течение срока службы при периодических проверках технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации.

Свойства безопасности подразделяются на три подгруппы:

безопасность активная, пассивная и экологическая.

Свойства активной безопасности характеризуют способность снижать вероятность вовлечения автомобиля в дорожно-транспортные происшествия и включают в себя:

— тормозные свойства — способность автомобиля быстро снижать скорость и надежно удерживаться на месте;
— управляемость и устойчивость в аварийных режимах — способность автомобиля к совершению резких маневров в критических ситуациях (объезд препятствия, крутой поворот);
— обзорность с места водителя — возможность водителя получить визуальную информацию об окружающей обстановке связана с конструкцией стекол, зеркал заднего вида и т. п.;
— внешнюю информативность автомобиля — количество, цвет, место расположения внешних световых приборов (фар, указателей поворота, сигналов торможения и т. п.);
— уровень шума на рабочем месте водителя — степень снижения работоспособности водителя при длительном воздействии шума

Свойства пассивной безопасности определяют способность снижать тяжесть последствий уже совершившихся дорожно-транспортных происшествий и включают в себя:

— свойства, снижающие уровень травматизма водителя и пассажиров при аварии, связаны с энергопоглощающими свойствами кузова, наличием защитных устройств (ремней, надувных подушек безопасности, демпфирующих элементов внутри кузова, подголовников), конструкцией стенок, рулевой колонки, внутренней отделки салона;

— свойства, снижающие уровень травматизма пешеходов, определяются, например, отсутствием травмоопасных наружных выступов автомобиля;

— пожаробезопасность определяется конструкцией топливной системы, местом расположения топливного бака, наличием средств пожаротушения и т. п.

Свойства экологической безопасности характеризуют степень воздействия автомобиля на окружающую среду и включают в себя:

— уровень вредных элементов в отработавших газах автомобильных двигателей — степень загрязнения воздушной среды токсичными веществами, в первую очередь оксидом углерода, окислами азота, углеводородом, сажей;

— уровень внешнего шума — уровень вредного воздействия на людей, находящихся вблизи оживленных автомагистралей;

— степень использования экологически безвредных материалов в конструкции автомобиля, например безасбестовых тормозных колодок;

— приспособленность к утилизации — приспособленность автомобиля, его узлов и агрегатов к повторной переработке после выхода из строя.

В настоящее время новые автомобили, выпускающиеся в России или ввозимые на ее территорию, проверяются на соответствие европейским нормам безопасности, изложенным в многочисленных Правилах Европейской экономической комиссии ООН (Правилах ЕЭК ООН). Процедура подтверждения соответствия требованиям Правил называется сертификацией автомобиля, и при положительных ее результатах конкретная модель или все семейство автомобилей получают документ-одобрение типа транспортного средства.

В эксплуатации требования безопасности автомобиля контролируются при периодических государственных технических осмотрах.

Существует еще один вид законодательных ограничений, направленный на предотвращение чрезмерного износа автомобильных дорог и связанный с контролем за автомобилями, размеры которых не соответствуют геометрическим размерам элементов автомобильных дорог. Это предельные значения габаритных, весовых параметров тяжелых грузовых автомобилей, автопоездов, автобусов и максимально допустимые вертикальные нагрузки от отдельных осей на дорожное покрытие (осевые нагрузки). Указанные предельные значения устанавливаются государством в зависимости от конструкции автомобиля и дорожных условий. При их превышении движение по дорогам допускается при соблюдении специальных требований и каждая такая перевозка облагается дополнительным дорожным налогом для компенсации повышенного износа дорожного покрытия.

Пример весовых и габаритных ограничений в РФ для пятиосного седельного автопоезда (двухосный тягач и трехосный полуприцеп) при движении по магистральным дорогам приведен на рис. 1.10.

Все перечисленные выше свойства можно оценивать, если определены условия эксплуатации.

Условия эксплуатации автомобиля подразделяются на:

— дорожные условия эксплуатации, определяющиеся характеристиками автомобильной дороги (подъемы, спуски, повороты, тип дорожного покрытия, ширина проезжей части и т. п.), интенсивностью движения транспортного потока, значением законодательного ограничения скорости;



Рис. 1.10. **Весовые и габаритные ограничения в РФ для пятиосного седельного автопоезда:** габаритная ширина до 2,55 м (рефрижераторы до 2,60 м); полная масса до 38 т; высота до 4 м; длина до 20 м

— природно-климатические свойства эксплуатации, определяющиеся температурой, влажностью, давлением окружающего воздуха, интенсивностью осадков, сезонным изменением состояния дорожного покрытия;
— транспортные условия эксплуатации, определяющиеся дальностью перевозок и расстояниями между остановочными пунктами, видом и характеристиками груза, количеством пассажиров и т. д.;
— экономические условия эксплуатации, определяющиеся уровнем цен, тарифов, налогов в том или ином государстве;
— социальные условия эксплуатации, определяющиеся представлениями потребителей автомобиля о моде, престижности и т. д.

Набор свойств, определяющих качество автомобиля, их весомость по отношению друг к другу, будут зависеть от представлений каждого конкретного человека, от политики государства в данный период, условий предполагаемой эксплуатации. Учитывая, что сочетание этих факторов дает огромное количество вариантов, становится понятным то многообразие конструкций автомобилей, представленных на рынке, каждая из которых обеспечивает наилучшие свойства для конкретных потребителей и условий эксплуатации.

§ 3

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ

Несмотря на огромное многообразие типов и моделей современных автомобилей, конструкция каждого из них состоит из набора агрегатов, узлов и механизмов, наличие которых позволяет называть транспортное средство «автомобилем». К основным конструктивным блокам относятся:

— двигатель;
— движитель;
— трансмиссия;
— системы управления автомобилем;
— несущая система;
— подвеска несущей системы;
— кузов (кабина).

Двигатель является источником механической энергии, необходимой для движения автомобиля. Механическая энергия получается за счет преобразования в двигателе другого вида энергии (энергии сгорающего топлива, электроэнергии, энергии предварительно сжатого воздуха и т. п.). Источник немеханической энергии, как правило, находится непосредственно на автомобиле и время от времени пополняется.

В зависимости от вида использованной энергии и процесса ее преобразования в механическую на автомобиле могут применяться:

— двигатели, использующие энергию сгорающего топлива (поршневой двигатель внутреннего сгорания, газовая турбина, паровой двигатель, роторно-поршневой двигатель Ванкеля, двигатель внешнего сгорания Стирлинга и т. п.);
— двигатели, использующие электроэнергию, — электродвигатели;
— двигатели, использующие энергию предварительно сжатого воздуха;
— двигатели, использующие энергию предварительно раскрученного маховика, — маховичные двигатели.

Наибольшее распространение на современных автомобилях получили поршневые двигатели внутреннего сгорания, использующие в качестве источника энергии жидкое топливо нефтяного происхождения (бензин, дизельное топливо) или горючий газ.

К системе «двигатель» относят также подсистемы хранения и подачи топлива и удаления продуктов сгорания (системы выпуска).

Движитель автомобиля обеспечивает связь автомобиля с внешней средой, позволяет ему «отталкиваться» от опорной поверхности (дороги) и преобразует энергию двигателя в энергию поступательного движения автомобиля. Основной тип движителя автомобиля — колесо. Иногда в автомобилях применяются комбинированные движители: для автомобилей высокой проходимости колесно-гусеничные движители (рис. 1.11), для автомобилей-амфибий колесный (при движении по дороге) и водометный (на плаву) движители.

Трансмиссия (силовая передача) автомобиля передает энергию от двигателя к движителю и преобразует ее в удобную для использования в движителе форму. Трансмиссии могут быть:

— механические (передается механическая энергия);



Рис. 1.11. Автомобиль ГАЗ-42 с колесно-гусеничным движителем

электрическая (механическая энергия двигателя преобразуется в электрическую, передается к движителю по проводам и там снова преобразуется в механическую);

гидрообъемная (вращение коленчатого вала двигателя преобразуется насосом в энергию потока жидкости, передающейся по трубопроводам к колесу, и там, посредством гидромотора, снова преобразуется во вращение);

— комбинированные (электромеханические, гидромеханические).

Наибольшее распространение на современных автомобилях получили механическая и гидромеханическая трансмиссии. Механическая трансмиссия (рис. 1.12) состоит из фрикционной муфты (сцепления), преобразователя крутящего момента, главной передачи, дифференциала, карданных передач, полуосей.

Сцепление — муфта, дающая возможность кратковременно разъединить и плавно соединить двигатель и связанные с ним механизмы трансмиссии.

Преобразователем крутящего момента является механизм, позволяющий ступенчато или бесступенчато изменять крутящий момент двигателя и направление вращения валов трансмиссии (для движения задним ходом). При ступенчатом изменении момента данный механизм называется **коробкой передач**, при бесступенчатом — **вариатором.**

Главная передача — зубчатый редуктор с коническими и (или) цилиндрическими шестернями, повышающий крутящий момент, передаваемый от двигателя к колесам.

Дифференциал — механизм, распределяющий крутящий момент между ведущими колесами и позволяющий вращаться им с разными угловыми скоростями (при движении на поворотах или по неровной дороге).

Карданные передачи представляют собой валы с шарнирами, связывающие между собой агрегаты трансмиссии и колес. Они позволяют передавать крутящий момент между указанными механизмами, валы которых расположены не соосно и (или) изменяют при движении взаимное расположение друг относительно друга. Количество карданных передач зависит от конструкции трансмиссии.

Гидромеханическая трансмиссия отличается от механической тем, что вместо сцепления устанавливается гидродинамическое устройство (**гидромуфта или гидротрансформатор**), выполняющее как функции сцепления, так и функции бесступенчатого вариатора. Как правило, это устройство размещается в одном корпусе с механической коробкой передач.

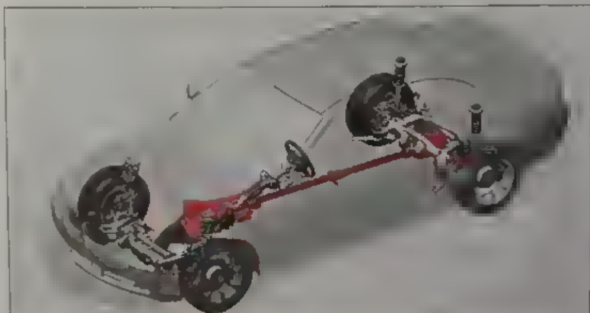


Рис. 1.12. **Механическая трансмиссия классического автомобиля**

Электрические трансмиссии применяются сравнительно редко (например, на тяжелых карьерных самосвалах, на внедорожных автомобилях) и включают в себя: генератор на двигателе, провода и систему электроуправления, электромоторы на колесах (электрические мотор-колеса).

При жестком соединении двигателя, сцепления и коробки передач (вариатора) данная конструкция называется **силовым агрегатом**.

В ряде случаев на автомобиле могут быть установлены несколько двигателей различных типов (например, двигатель внутреннего сгорания и электродвигатель), связанных друг с другом трансмиссией. Такая конструкция называется **гибридной силовой установкой**.

Системы управления автомобилем включают в себя:

— рулевое управление;
— тормозную систему;
— управление прочими системами автомобиля (двигателем, трансмиссией, температурой в кабине и т. д.).

Рулевое управление служит для изменения направления движения автомобиля, как правило, за счет поворота управляемых колес.

Тормозная система служит для уменьшения скорости движения автомобиля вплоть до полной остановки и надежного удержания его на месте.

Несущая система автомобиля служит для крепления на ней всех прочих узлов, агрегатов и систем автомобиля. Она может выполняться в виде плоской рамы (рис. 1.13) или объемного несущего кузова (рис. 1.14).

Подвеска несущей системы обеспечивает упругую связь колес с несущей системой и обеспечивает плавность хода автомобиля при движении по неровной дороге, уменьшает вертикальные динамические нагрузки, передаваемые на автомобиль от дороги.

Кузов (кабина) служит для размещения водителя, пассажиров, груза или специального оборудования, транспортируемого автомобилем. Как было отмечено выше, в ряде случаев кузов совмещает функции несущей системы (несущий кузов). К системе автомобиля «кузов» принято относить также многие узлы, агрегаты, подсистемы, не попавшие в другие системы автомобиля (внешние световые приборы, климатические установки в салоне, ряд устройств безопасности для водителя и пассажиров и т. д.).

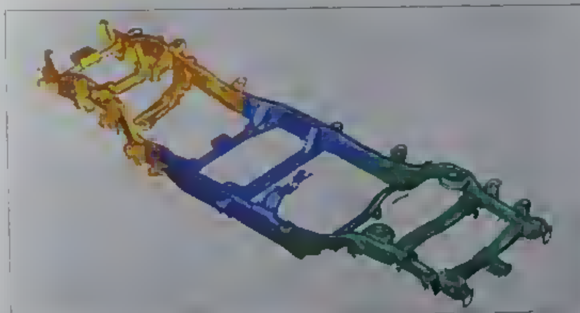


Рис. 1.13. **Несущая система в виде лонжеронной рамы**

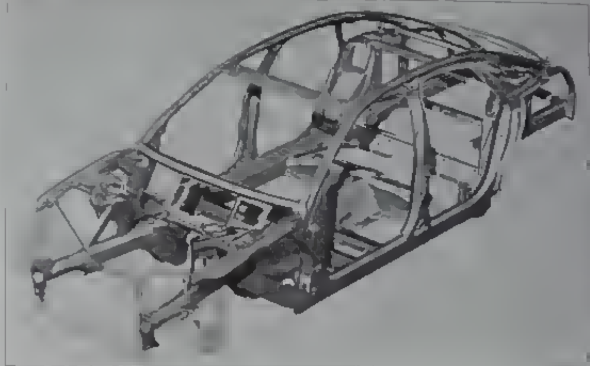


Рис. 1.14. **Несущий кузов легкового автомобиля**

ТИПЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Огромное количество моделей и конструкций современных автомобилей может быть подразделено на определенные типы (или классы). Наиболее общая классификация транспортных средств (ТС) связана с их назначением. Данная классификация приведена в Международном стандарте ИСО 3833.

Весь парк дорожных ТС подразделяется на механические ТС (ТС с двигателем) и буксируемые ТС (прицепы и полуприцепы). Механическое ТС, буксирующее прицеп или полуприцеп, называется автопоездом. По назначению ТС подразделяются на:

— легковые автомобили (рис. 1.15а) — механические ТС, предназначенные, главным образом, для перевозки людей и их багажа, в которых размещается не более девяти посадочных мест, включая место водителя;

— грузовые автомобили (рис. 1.15б) — механические ТС, предназначенные, главным образом, для перевозки грузов или специального оборудования;

— автобусы и троллейбусы (рис. 1.15в) — механические ТС, предназначенные для перевозки людей и их багажа, в которых размещается более девяти посадочных мест, включая место водителя;

— мототранспортные средства (рис. 1.15г) — механические ТС, имеющие два, три, иногда четыре колеса (квадрициклы), снаряженная масса которых не превышает 400 кг и предназначенные для перевозки людей (особенности конструкций мототранспортных средств в данной книге не рассматриваются);

— прицепы (рис. 1.15д) — буксируемые тягачом ТС, предназначенные для перевозки грузов или пассажиров, в которых лишь незначительная часть их веса нагружает буксирующий автомобиль;

— полуприцепы (1.15е) — буксируемые тягачом ТС, предназначенные для перевозки грузов или пассажиров, в которых значительная часть их веса нагружает буксирующий автомобиль. В качестве буксирующего автомобиля в данном случае применяется специальный автомобиль, предназначенный исключительно для буксировки полуприцепа — седельный тягач.













Рис. 1.15. **Типы дорожных транспортных средств:** а — легковой автомобиль; б — грузовой автомобиль; в — автобус; г — мотоцикл; д — прицеп; е — полуприцеп

Для каждого из приведенных крупных типов транспортных средств имеется более подробная классификация по различным признакам.

Так, легковые автомобили могут подразделяться по назначению (индивидуального пользования, такси, оперативных служб, спортивные и т. д.); по рабочему объему двигателя (табл. 1.1), по габаритным размерам (табл. 1.2); по типу кузова (см. гл. 7)

Таблица 1.1. Российская классификация легковых автомобилей по рабочему объему двигателя

Рабочий объем двигателя, л	Обозначение моделей
до 1,2	11хх
от 1,2 до 1,8	21хх
от 1,8 до 3,5	31хх
свыше 3,5	41хх

Таблица 1.2. Европейская классификация легковых автомобилей по размерам

Классы	A	B	C
Внешние размеры, мм			
Длина	до 3650	3600–3800	3800–4400
База	2150–2450	2350–2500	2400–2700
Ширина	1450–1600	1550–1650	1670–1740
Высота	1350–1480	1350–1480	1330–1440
Примеры автомобилей	FIAT Uno	Peugeot 206	VW Golf 4







Рис. 1.16. **Грузовые автомобили: а — универсальные; б — специализированные; в — специальные**

Автобусы подразделяются по полной массе (до или свыше 5 т), по количеству мест для сидения (до 17 мест, включая водителя, — маломестные автобусы); по назначению (городские, пригородные, междугородние). Отдельную группу образуют троллейбусы — пассажирские ТС, приводимые в движение электроэнергией, поступающей по проводам.

Грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы по назначению могут быть универсальными (обычно в качестве грузового кузова используется открытая бортовая платформа, иногда со съемным тентом), специализированными (кузов приспособлен для перевозки определенных видов грузов или имеются устройства самопогрузки-саморазгрузки), специальными (перевозится специальное технологическое оборудование) (рис. 1.16). Имеется класс грузовых автомобилей, предназначенных исключительно для буксировки прицепного состава: седельные тягачи для полуприцепов, балластные тягачи для тяжелых прицепов.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК

С позиций влияния конструкции транспортного средства на его свойства важное значение имеет компоновка автомобиля — взаимное расположение основных систем автомобиля (двигателя, трансмиссии, движителя, систем управления, несущей системы, кузова).

Для легковых автомобилей в большинстве случаев применяется кузов, выполняющий функции несущей системы (несущий кузов), что уменьшает массу и обеспечивает достаточную свободу для расположения прочих систем автомобиля. Встречаются следующие компоновки легковых автомобилей:

D	E	F	Minivan
4300–4700	4300–4700	4700–5100	4500–4800
2500–2700	2500–2700	2700–3000	2700–3000
1670–1770	1670–1770	1800–1900	1750–1900
1360–1430	1360–1430	1400–1500	1650–1800
Nissan Primera	BMW серии 5	Mercedes S	VW Sharan

— классическая (рис. 1.17а) — двигатель продольно расположен спереди, ведущие колеса задние, трансмиссия занимает пространство под полом кузова между двигателем и задней осью (компоновка позволяет использовать в качестве несущей системы раму);
— переднеприводная (рис. 1.17б) — двигатель размещен спереди продольно или поперечно, ведущие колеса передние, трансмиссия объединена с двигателем;
— заднемоторная (1.17в) — двигатель расположен сзади, ведущие колеса задние, трансмиссия объединена с двигателем;
— среднемоторная (1.17д) — двигатель расположен между передней и задней осями, ведущие колеса задние, трансмиссия объединена с двигателем.

Преимущества и недостатки различных компоновок приведены в табл. 1.3.

Каждая из представленных компоновок может иметь полноприводной вариант, при котором ведущими являются все колеса. Это делается с целью повышения проходимости, а также и управляемости автомобиля, но связано с усложнением конструкции трансмиссии.

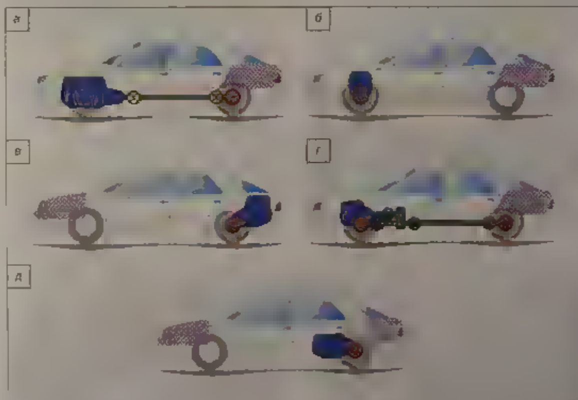


Рис. 1.17 **Компоновки легковых автомобилей: а — классическая; б — переднеприводная; в — заднемоторная; г — полноприводная с двигателем на базе классической; д — среднемоторная**

Таблица 1.3. Преимущества и недостатки различных компоновок легковых автомобилей

	Переднемоторная, переднеприводная	Классическая	Среднемоторная	Заднемоторная
Тяговые свойства — порожний автомобиль	+	–	+	+
Тяговые свойства — груженый автомобиль	–	+	+	+
Развесовка (распределение веса автомобиля по осям)	+	•	–	–
Объем салона	+	+	–	•
Объем багажника	+	+	•	–
Возможность модификации задней части кузова	+	+	–	–
Габаритная длина	+	•	•	•
Свойства кузова при столкновениях	+	+	–	–
Тепловая натруженность салона	–	–	•	+
Возможность создания полноприводной модификации	+	+	•	+
Шум в салоне	+	–	–	+
Масса	+	•	+	+
Длина приводов управления силовым агрегатом	+	+	–	–

«+» — позитивное влияние; «–» — негативное влияние; «•» — ухудшает параметр незначительно



Рис. 1.18. **Городской автобус**

Компоновка автобуса во многом зависит от его назначения. Так, для городских автобусов (рис. 1.18) важен низкий уровень пола в салоне, широкие двери, позволяющие ускорить процесс посадки-высадки пассажиров на остановках. Городской автобус рассчитан на перевозку как сидящих, так и стоящих пассажиров, поэтому он должен иметь удобные площадки у входных дверей, широкие проходы и т. п. Для повышения пассажиро-



Рис. 1.19. **Сочлененный городской автобус**



Рис. 1.20. **Междугородний автобус**

вместимости при условии сохранения достаточной маневренности городские автобусы делают сочлененными; такой автобус состоит из двух шарнирно соединенных частей, расцепка частей не предусмотрена (рис. 1.19). Междугородние автобусы (рис. 1.20) предназначены для длительной перевозки сидящих пассажиров, поэтому здесь предъявляются повышенные требования к сиденьям, комфорту в салоне. Кроме того, автобусы оборудуются туалетом, кухней, телевизорами. У данных автобусов имеется большой объем отсеков для размещения багажа.

Кузов автобуса в большинстве случаев выполняет функции несущей системы (несущий кузов). Встречаются конструкции, когда кузов автобуса установлен на раме грузового автомобиля.

Ведущими колесами автобуса могут быть колеса передней оси, задней оси (задних осей — при многоосной схеме) или всех осей.

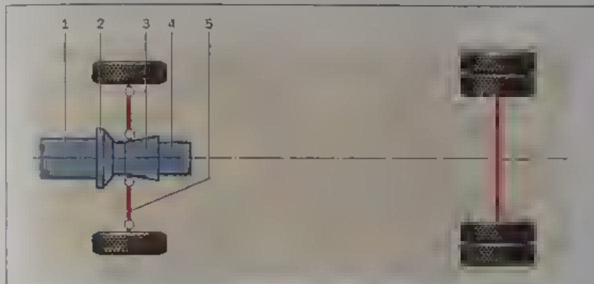


Рис. 1.21. **Переднеприводная компоновка с продольным расположением двигателя:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — главная передача; 4 — коробка передач; 5 — валы привода ведущих колес

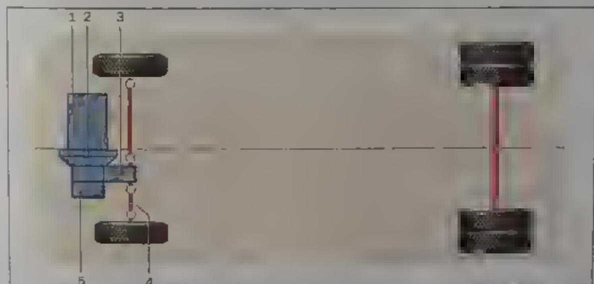
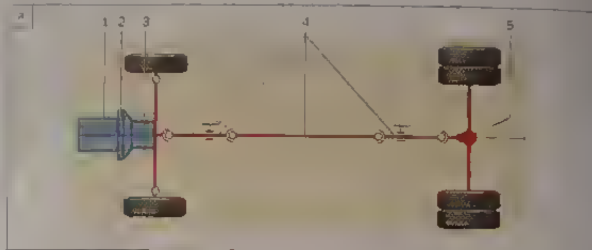


Рис. 1.22. **Переднеприводная компоновка с поперечным расположением двигателя:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — главная передача; 4 — валы привода ведущих колес; 5 — коробка передач



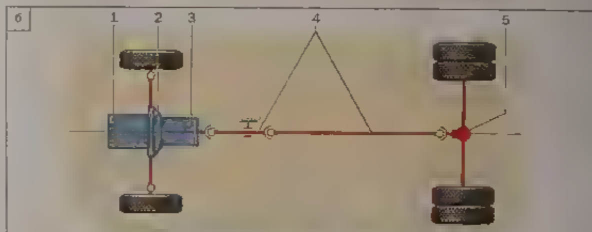


Рис. 1.23. **Переднемоторная заднеприводная компоновка с двигателем, расположенным в продольной плоскости симметрии автобуса: а — с коробкой передач, расположенной перед передней осью; б — внутри базы автобуса;** 1 — двигатель, 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача

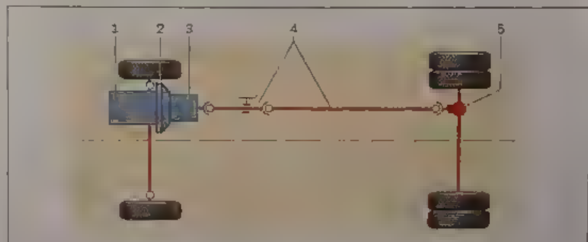
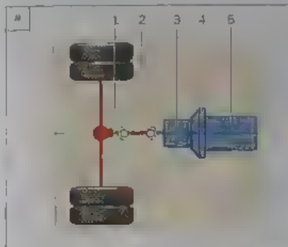


Рис. 1.24. **Переднемоторная заднеприводная компоновка со смещенным расположением двигателя:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача



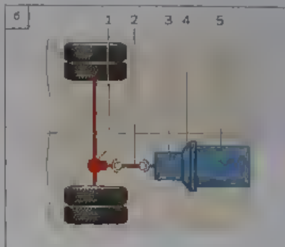
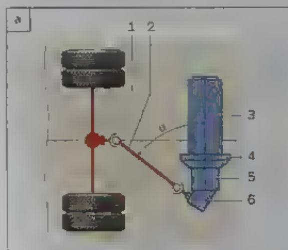
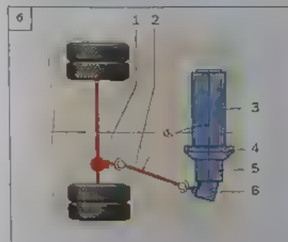


Рис. 1.25. **Заднеприводная заднемоторная компоновка с продольным центральным (а) и смещенным (б) расположением двигателя:** 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — коробка передач; 4 — сцепление; 5 — двигатель



Двигатель может устанавливаться в передней, задней или средней частях автобуса, внутри базы между передней и задней осями. При переднеприводной компоновке двигатель может устанавливаться вдоль продольной оси автобуса и поперек (рис. 1.21; 1.22). При заднеприводной схеме двигатель располагается в продольной плоскости симметрии автобуса или смещен относительно оси симметрии (рис. 1.23а, б; 1.24).

При заднем расположении двигателя возможны два варианта его установки — вдоль и поперек продольной оси автобуса (рис. 1.25; 1.26).



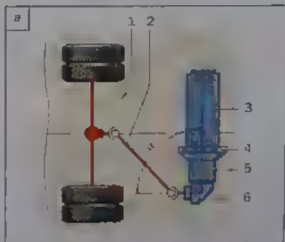


Рис. 1.26. **Заднеприводная заднемоторная компоновка с поперечным расположением двигателя и углом α, равным 60° или 65° (а), 80° (б) и 90° (в):** 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — двигатель; 4 — сцепление; 5 — коробка передач; 6 — угловой редуктор

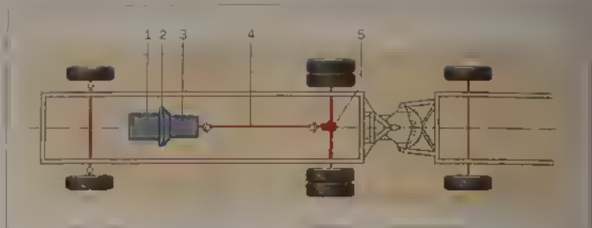


Рис. 1.27. **Сочлененный автобус с тянущей передней секцией и двигателем, расположенным внутри базы:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача

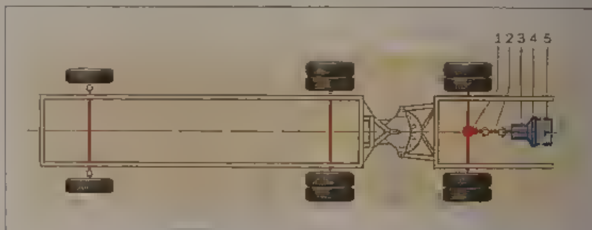


Рис. 1.28. **Сочлененный автобус с толкающей задней секцией и продольным расположением двигателя в задней прицепной секции:** 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — коробка передач; 4 — сцепление; 5 — двигатель

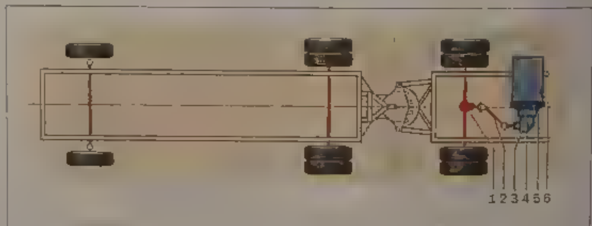


Рис. 1.29. **Сочлененный автобус с толкающей задней секцией с поперечным расположением двигателя в задней прицепной секции:** 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — угловой редуктор; 4 — коробка передач; 5 — сцепление; 6 — двигатель

Сочлененные автобусы в основном являются городскими, и как правило низкопольные. Двигатель в сочлененных автобусах установлен внутри базы (рис. 1.27), а также в задней секции, вдоль или поперек, при этом задняя секция толкающая (рис. 1.28, 1.29).

Сравнительный анализ компоновок автобуса представлен в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Преимущества и недостатки различных компоновок автобусов

	Переднемоторная	Среднемоторная (под полом салона)	Заднемоторная
Высота пола салона (удобство входа-выхода)	–	– –	+ +
Полезное использование длины автобуса	– –	+ +	+
Удобство управления силовым агрегатом	+ +	–	– –
Унификация с агрегатами грузового автомобиля	+ +	+	– –
Удобство технического обслуживания и ремонта	+	– –	+

++ — отлично; + — хорошо; – — удовлетворительно; – – — плохо



Таблица 1.5. Российская классификация автобусов по габаритной длине

Габаритная длина, м	Обозначение моделей
до 5 м	22хх
от 6 до 7,5	32хх
от 8 до 9,5	42хх
от 10,5 до 12	52хх
16,5 и более	62хх









Рис. 1.30. **Грузовые автомобили: а, б — двухосные; в — трехосные; г — четырехосные; д — многоосные**

Таблица 1.6. Индексы грузовых автомобилей

Полная масса	Обозначения автомобилей					
	С бортовой платформой	Седельные тягачи	Самосвалы	Цистерны	Фургоны	Специальные
до 1,2 т	13хх	14хх	15хх	16хх	17хх	19хх
1,2–2,0 т	23хх	24хх	25хх	26хх	27хх	29хх
2,0–8,0 т	33хх	34хх	35хх	36хх	37хх	39хх
8,0–14 т	43хх	44хх	45хх	46хх	47хх	49хх
14,0–20,0	53хх	54хх	55хх	56хх	57хх	59хх
20,0–40,0	63хх	64хх	65хх	66хх	67хх	69хх
свыше 40	73хх	74хх	75хх	76хх	77хх	79хх

Существует классификация автобусов по полной массе (до 5 т, свыше 5 т) и по габаритной длине (табл. 1.5).

Компоновка грузовых автомобилей, прицепов, полуприцепов связана в основном с количеством осей (рис. 1.30) и исполнением грузового пространства (рис. 1.31). Количество осей зависит от полной массы автомобиля и разрешенной нагрузки от отдельной оси на дорогу (см. законодательные ограничения). Чем большую массу груза (или специального оборудования) необходимо перевозить, тем большее число осей должен иметь грузовой автомобиль.

Несущая система большинства грузовых автомобилей выполнена в виде рамы, двигатель расположен продольно спереди, ведущие колеса задние (классическая компоновка). Автомобили, предназначенные для движения как по дорогам, так и по бездорожью, имеют все ведущие колеса (полноприводная компоновка), но спроектированы они на базе дорожных грузовых автомобилей классической компоновки. Лишь незначительная часть грузовых автомобилей, предназначенных преимущественно для движения вне дорог, имеют компоновку, отличающуюся от классической (автомобили-амфибии, специальные автотранспортеры и т. д.).

Легкие грузовые автомобили (полной массой до 3,5 т) могут базироваться на шасси легкового автомобиля, в таком случае их компоновка аналогична компоновке базового легкового автомобиля.

Таблица 1.7.
Классификация дорожных транспортных средств, принятая в Правилах ЕЭК ООН

Обозначение категории	Обозначение подкатегории	Тип ТС
L	L1, L2	ТС с двигателем двух- и трехколесные
	L3–L5	— « —
M	M1	ТС с двигателем, имеющие не менее 4 колес и предназначенные для перевозки не более 8 пассажиров (кроме водителя)
	M2	То же, имеющие более 8 мест для сидения (кроме места водителя)
	M3	— « —
N	N1	ТС с двигателем, имеющие не менее 4 колес и предназначенные для перевозки грузов
	N2	— « —
	N3	— « —
O	O1	ТС без двигателя
	O2	— « —
	O3	— « —
	O4	— « —







Рис. 1.31. **Грузовые автомобили с различными кузовами: а — самосвал; б — фургон; в — автоцистерна-полуприцеп**

Существует российская классификация грузовых автомобилей по полной массе и типу кузова (табл. 1.6).

Наибольшее распространение получила классификация дорожных транспортных средств Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН) (табл. 1.7).

Полная масса, т	Рабочий объем двигателя, см^3	Примечания
Не регламентируется	До 50 см^3	Мопеды
Не регламентируется	Не ограничен	Мотоциклы, мотороллеры
Не регламентируется	Не ограничен	Легковые автомобили
до 5,0	—	Автобусы
Свыше 5,0	—	Автобусы, в том числе сочлененные
До 3,5	Не ограничен	Грузовые автомобили, специальные автомобили
Свыше 3,5 до 12,0	—	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специальные автомобили
Свыше 12,0	—	—
До 0,75	—	Прицепы и полуприцепы
Свыше 0,75 до 3,5	—	—
Свыше 3,5 до 10,0	—	—
Свыше 10,0	—	—

В настоящее время многие страны имеют собственную автомобильную промышленность. Суммарный годовой выпуск автомобилей исчисляется десятками миллионов. При этом производство и продажа автомобилей носит межгосударственный характер.

Для ужесточения контроля за огромным парком автомобилей мировое сообщество (в том числе Россия) приняло решение о введении единой общемировой системы маркировки автомобилей с помощью идентификационного номера автомобиля или VIN (Vehicle Identification Number).

Номер VIN состоит из 17 знаков (рис. 1.32) и имеет три составные части:

Первые три позиции — международный код изготовителя (WMI) — сочетание из трех букв или букв и цифр, индивидуальное для каждого производителя автомобилей.

Следующие шесть позиций являются описательной частью номера (VDS), и в них закодировано обозначение той или иной модели (модификации) автомобиля.

Позиции с 10 до 17 называются указательной частью номера (VIS) и содержат, как правило, код года выпуска (на 10-й позиции) и порядковый номер конкретного автомобиля.

Номер VIN в обязательном порядке наносят на каждый автомобиль при его производстве и указывают в регистрационных документах. Автомобили отечественного производства имеют в обозначении набор из четырех–шести цифр, которые связаны с конструкцией автомобиля, например ВАЗ-21099. Первая цифра показывает класс автомобиля по одному из технических параметров (рабочий объем двигателя — легковые, габаритная длина — автобусы, полная масса — грузовые автомобили), вторая цифра является индексом его назначения или типа кузова (1 — легковой автомобиль, 2 — автобус, 3–7 — грузовой автомобиль с различными кузовами, 8 — прицеп, 9 — полуприцеп) (см. табл. 1.1; 1.5; 1.6). Третья и четвертая цифры обозначают модель автомобиля и присваиваются заводом-изготовителем. Наличие пятой (или пятой и шестой) цифры показывает, что речь идет о модификации базовой модели.

Пример построения VIN

VIN

позиции

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

WMI VDS VIS

J M B S N E 5 5 A P Z 0 0 3 7 2 5

1 2 3 4 5 6 7 9 10 11

8

1 Азия
2 Япония
3 MITSUBISHI
B — для Европы (левостороннее управление)
A — для Европы (правостороннее управление)
4 Тип кузова
S — 4-дверный седан, L — 4-дверный лифтбек
5 Тип трансмиссии
N — 5-ступенчатая механическая, 5 передач
R — 4-ступенчатая АКП
6 Тип двигателя
E52 — 1800 · SOHC, E54 — 2000 · DOHC
E55 — 2000 · SOHC, E57 — 2000 · Дизель
E64 — 2000 · DOHC · 4WS; E75 — 2000 · SOHC · 4WD;
E88 — 2500 · DOHC · 4WD
7 A — пассажирский автомобиль
8 Модель автомобиля
E55 — GALANT
9 Модельный год
P — 1993
10 Завод
11 Серийный (порядковый) номер — 3725

Рис. 1.32. Пример построения VIN

Под модификацией понимается автомобиль, в конструкцию которого внесены незначительные изменения по сравнению с базовой моделью. Например, ВАЗ-21099 отличается от базовой модели ВАЗ-2109 лишь формой задней части кузова.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЯ

Завод-изготовитель составляет перечень числовых значений основных технических параметров автомобиля для каждой модели. Такой перечень называется технической характеристикой, приводится в справочной литературе, инструкции по эксплуатации

и позволяет потребителю получить представление о назначении и возможностях конкретной модели. В технической характеристике, например, легкового автомобиля указывают:

— пассажировместимость — максимальное количество пассажиров (кроме водителя), которое можно перевозить на данном автомобиле;
— снаряженную массу — массу заправленного эксплуатационными жидкостями укомплектованного автомобиля без водителя, пассажиров и багажа;
— максимальную разрешенную заводом-изготовителем массу (полную массу) — максимальное значение массы автомобиля с водителем, пассажирами, багажом, грузом, предусмотренное заводом-изготовителем;
— колесную формулу — записывается в виде A×B, где A — общее число колес автомобиля, B — число ведущих колес;
— габаритные размеры — длину, ширину, высоту;
— базу — расстояние между передней и задней осями;
— основные параметры двигателя — тип (бензиновый, дизельный), число цилиндров, рабочий объем, максимальную мощность, максимальный крутящий момент, частоту вращения коленчатого вала при максимальных мощности и крутящем моменте;
— основные параметры коробки передач — тип, число ступеней;
— максимальную скорость — максимальное значение скорости, достигаемое автомобилем полной массы на горизонтальной дороге;
— расход топлива в ездовом цикле (имитирующем типичные режимы движения) — путевой расход топлива автомобиля с полной массой в цикле, состоящем из регламентированного набора разгонов, замедлений, участков движения с различными постоянными скоростями.

Технические характеристики некоторых автомобилей приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8. Технические характеристики автомобилей

Параметры	Модель		
	ВАЗ-21102	Audi A6	Porsche 911
Пассажировместимость, чел.	5	5	2
Снаряженная масса, кг	1020	1355	1540
Полная масса, кг	1480	1980	1885
Колесная формула	4×2	4×2	4×2
Габаритные размеры, мм			
— длина	4265	4796	4435
— ширина	1680	1810	1830
— высота	1420	1453	1295
База, мм	2492	2760	2350
Тип двигателя	бензиновый		
Число цилиндров	4	4	6
Рабочий объем, см³	1499	1781	3600
Максимальная мощность, кВт/ при частоте вращения коленчатого вала, $мин^{-1}$	56/5400	110/5700	309/6000
Максимальный крутящий момент, Н·м/ при частоте вращения коленчатого вала, $мин^{-1}$	116/3000	210/1750	560/2700
Тип коробки передач		механическая	
Число передач, число ступеней	5	5	6
Максимальная скорость, км/ч	167	216	305
Расход топлива, л/100 км, ездовой цикл	6,3	6,7	9,2

§ 4

ВЕДУЩИЕ МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ АВТОМОБИЛЕЙ

На современном автомобильном рынке присутствует несколько сотен марок автомобилей. Выпуск по отдельным маркам может составлять от нескольких миллионов до 1 - 2 штук в год. Но это изобилие лишь внешняя сторона медали, дающая возможность потенциальному потребителю выбрать нужный для себя автомобиль. Жесточайшая конкуренция в автомобильном секторе мировой экономики и необходимость, в первую очередь, снижения затрат на проектирование и производство автомобилей привели в последнее время к укрупнению автомобильных фирм (за счет покупки мелких конкурентов) или образованию альянсов автомобильных фирм. В результате на сегодняшний день свыше 80 % мирового выпуска автомобилей приходится на долю всего одиннадцати автомобильных концернов (см. диаграмму 1.1).

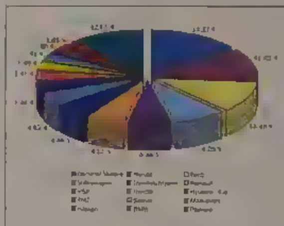


Диаграмма 1.1 **Объем выпуска автомобилей крупнейшими мировыми концернами**

При этом уход с рынка слабых фирм не всегда сопровождался исчезновением их названия. Поэтому современные концерны выпускают автомобили в различных странах под различными торговыми марками (рис. 1.33).

Основную долю (около 85 %) мирового выпуска составляют легковые автомобили. В секторе грузовых автомобилей полной массой до 6 т и микроавтобусов (около 10 % мирового рынка) лидирует японский концерн Toyota (около 523 тыс. автомобилей

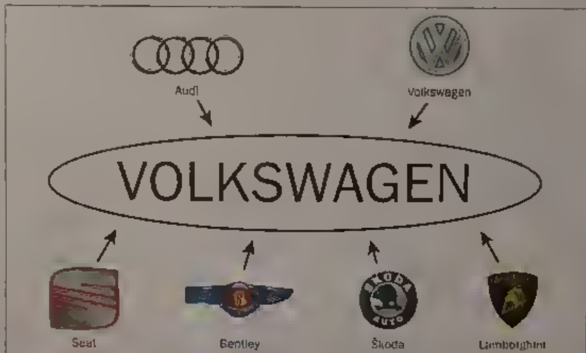


Рис. 1.33 **Торговые марки концерна VW Group (2005 г.)**

в 2001 г.). Наибольшее количество грузовых автомобилей полной массой свыше 6 т приходится на долю концерна DymlerChrysler (около 204 тыс. в 2001 г.). При этом второе место в мире занимает китайская фирма FAW (около 150 тыс. в 2001 г.). DymlerChrysler лидирует и в производстве автобусов (около 40 тыс. в 2001 г.). Производство автобусов характеризуется наличием большого количества кузовостроительных ателье, изготавливающих автобусы на агрегатах шасси ведущих фирм по производству грузовых автомобилей.

Крупнейшие производители автомобилей и автобусов в России представлены в табл. 1.9

Таблица 1.9. Крупнейшие российские производители (2005 г.)

Легковые автомобили	АвтоВАЗ — свыше 700 тыс. в год, 17-е место в мире по объему выпуска
Легкие грузовые автомобили и микроавтобусы	ГАЗ — около 100 тыс. в год, 15-е место в мире по объему выпуска
Грузовые автомобили полной массой свыше 6 т	КамАЗ — свыше 20 тыс. в год, 18-е место в мире по объему выпуска
Автобусы	ПАЗ — около 10 тыс. в год, 5-е место в мире по объему выпуска

Г Л А В А 2

Двигатель

Двигатель служит источником энергии, необходимой для движения автомобиля. На большинстве современных автомобилей используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Но так было не всегда, и, возможно, со временем их заменят другие, более совершенные конструкции силовых установок, например с использованием топливных элементов.

§ 5

ЭВОЛЮЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

За более чем столетнюю историю своего существования ДВС прошли значительную эволюцию, они стали более мощными, экономичными, легкими и экологически чистыми, чем их предшественники. И хотя за это время предлагалось много альтернативных вариантов автомобильных двигателей, на сегодняшний день реальной экономически целесообразной замены существующим двигателям нет. Это, главным образом, обусловлено тем, что топливо, которое используют эти двигатели, можно хранить в компактном виде и его запаса хватает на достаточно большой пробег автомобиля.

Первые автомобили приводились в движение паровыми двигателями, которые появились в XVIII веке и являлись двигателями внешнего сгорания. В этих двигателях топливо сжигалось вне цилиндра двигателя и использовалось для получения водяного пара, а точнее, газа, который поступал под давлением в цилиндр двигателя и приводил в движение поршень. Изобретателем первого работоспособного парового двигателя является англичанин Джеймс Уатт, который получил патент на свое изобретение в 1784 г. Паровые двигатели того времени были тяжелыми и громоздкими, а главное — они имели очень низкий коэффициент полезного действия (КПД).

Попытки создания более эффективного двигателя (внутреннего сгорания), в котором топливо сжигается внутри цилиндра, а расширяющиеся газы приводят в движение поршень, увенчались успехом только в 1860 г., когда французский механик Жан-Этьен Ленуар создал и запатентовал первый работоспособный ДВС. В этом двигателе движущийся поршень засасывал внутрь цилиндра смесь горючего газа с воздухом, и в середине хода поршня смесь воспламенялась электрической искрой.

Возможность практического использования ДВС возникла только после того, как было использовано сжатие газа в цилиндре. В 1866 г. немецкий изобретатель Николаус Август Отто получил патент на четырехтактный двигатель внутреннего сгорания, в ко-

тором использовался принцип сжатия горючей смеси перед зажиганием. Рабочий процесс, происходящий в таких двигателях, получил название «цикл Отто». ДВС, работающие на этом принципе, имели значительно более высокий КПД, чем паровые двигатели, и, естественно, вытеснив последние, остаются самыми распространенными до сегодняшнего дня.

Позднее, англичанин Дуглас Кларк изобрел двигатель, работающий по двухтактному циклу, но такие двигатели не нашли широкого применения на автомобилях.

В 1892 г. Рудольф Дизель получил патент на двигатель, в котором использовался четырехтактный цикл Отто. Отличие заключалось в том, что в цилиндр подавалась не смесь топлива с воздухом, а чистый воздух, который сильно сжимался, нагреваясь при этом до высокой температуры, достаточной для воспламенения топлива, подаваемого затем в цилиндр, без необходимости применения для этого электрической искры. Сегодня такие двигатели, называемые по имени создателя дизелями, широко применяются в качестве силовых агрегатов автомобилей.

По конструкции все автомобильные двигатели внутреннего сгорания можно разделить на поршневые и роторные. В поршневых двигателях расширяющиеся при сгорании топлива газы приводят в движение поршень, возвратно-поступательное движение которого преобразуется во вращение коленчатого вала. В зависимости от способа воспламенения такие двигатели можно разделить на две группы: с воспламенением от искры (бензиновые) и с воспламенением от сжатия (дизели). В роторных двигателях расширяющиеся газы воздействуют на вращающуюся деталь — ротор. Роторные двигатели подразделяются на газотурбинные и роторно-поршневые. Наибольшее применение на автомобилях получили поршневые ДВС.

§ 6

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДВИГАТЕЛЕЙ

ЧЕТЫРЕХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Четырехтактный двигатель (рис. 2.1) состоит из цилиндров, установленных на картере и закрытых сверху головкой. Снизу к картеру крепится поддон. В головке цилиндров установлены клапаны — впускные и выпускные — и свечи зажигания (в бензиновых) или форсунки для впрыска топлива (в дизелях). Внутри цилиндра возвратно-поступательно перемещается поршень, который через поршневой палец соединен с верхней головкой шатуна. Нижняя головка шатуна охватывает шатунную шейку коленчатого вала, коренные шейки которого установлены на подшипниках в картере двигателя. Поршень уплотняется в цилиндре посредством поршневых колец. На конце коленчатого вала закреплен маховик. Положение, которое занимает поршень в конце его хода вверх, называется верхней мертвой точкой (ВМТ), а положение в конце хода вниз — нижней мертвой точкой (НМТ). Перемещение поршня от одной мертвой точки до другой при работе двигателя называется тактом. Объем, который образуется над поршнем при нахождении его в ВМТ, называется объемом камеры сгорания. Объем, который освобождает поршень при его движении от ВМТ к НМТ, называется рабочим объемом или литражем двигателя. Сумма объема камеры сгорания и рабочего объема называется полным объемом цилиндра.

Очень важным параметром поршневого двигателя является степень сжатия, которая определяется как отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания. Степень сжатия современных автомобильных двигателей с искровым зажиганием равна примерно 10. Автомобильные четырехтактные дизели имеют более высокую степень сжатия, не менее 20.

Четырехтактный цикл последовательно включает в себя следующие такты: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск (рис. 2.2)

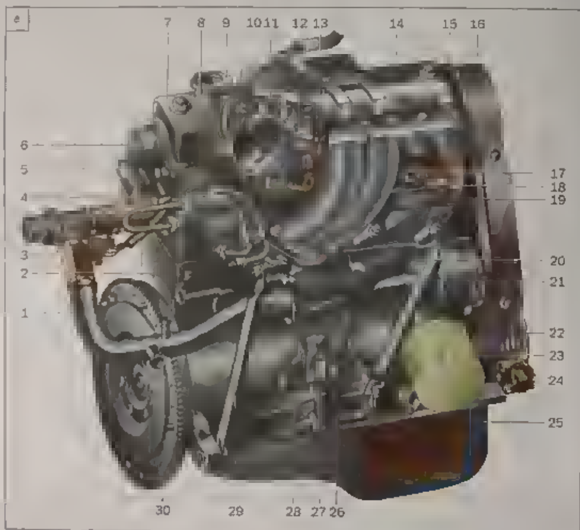


Рис. 2.1 а. **Двигатель ВАЗ-2111:** 1 — подводящая труба насоса охлаждающей жидкости; 2 — блок цилиндров; 3 — термостат; 4 — датчик температуры охлаждающей жидкости системы управления двигателем; 5 — выпускной патрубок охлаждающей жидкости, 6 — заглушка головки блока цилиндров; 7 — крышка головки блока цилиндров, 8 — регулятор давления топлива; 9 — крышка маслозаливной горловины; 10 — трос привода дроссельной заслонки. 11 — дроссельный узел; 12 — регулятор холостого хода; 13 — датчик положения дроссельной заслонки; 14 — ресивер; 15 — задняя крышка привода распределительного вала; 16 — передняя крышка привода распределительного вала. 17 — форсунка; 18 — пробка штуцера топливной рампы; 19 — топливная рампа. 20 — впускной коллектор; 21 — правый опорный кронштейн впускного коллектора; 22 — шкив привода генератора; 23 — масляный фильтр; 24 — датчик положения коленчатого вала, 25 — поддон картера; 26 — выпускной коллектор; 27 — шатун; 28 — коленчатый вал; 29 — левый опорный кронштейн выпускного коллектора; 30 — маховик

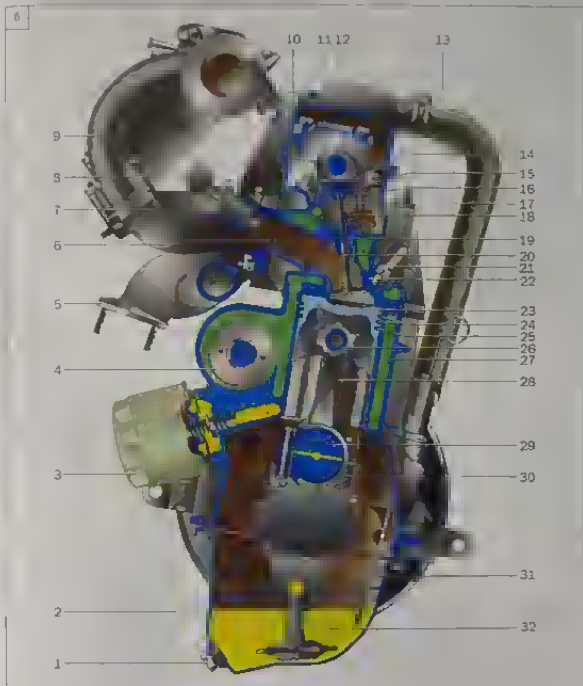
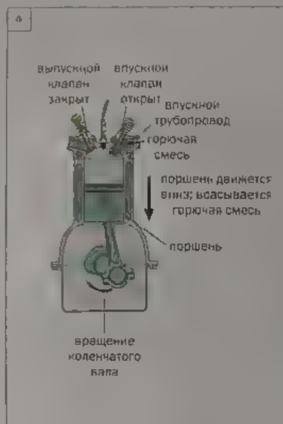
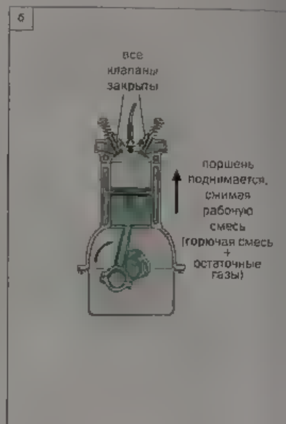


Рис. 2.1 б. **Поперечный разрез двигателя ВАЗ-2111:** 1 — пробка сливного отверстия поддона картера; 2 — поддон картера; 3 — масляный фильтр; 4 — насос охлаждающей жидкости; 5 — выпускной коллектор; 6 — впускной коллектор; 7 — форсунка; 8 — топливная рампа; 9 — ресивер; 10 — крышка головки блока цилиндров; 11 — крышка подшипников распределительного вала; 12 — распределительный вал; 13 — шланг вентиляции картера; 14 — регулировочная шайба клапана; 15 — сухари клапана; 16 — толкатель; 17 — пружины клапана; 18 — маслосъемный колпачок; 19 — направляющая втулка клапана; 20 — клапан; 21 — свеча зажигания; 22 — головка блока цилиндров; 23 — поршень; 24 — компрессионные кольца; 25 — маслосъемное кольцо; 26 — поршневой палец; 27 — блок цилиндров; 28 — шатун; 29 — коленчатый вал; 30 — крышка шатуна; 31 — указатель уровня масла; 32 — приемник масляного насоса





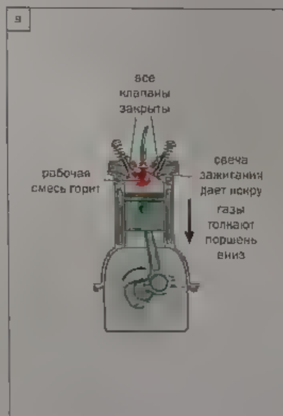




Рис. 2.2. **Четырехтактный цикл: а — впуск; б — сжатие; в — рабочий ход; г — выпуск**

При работе бензинового двигателя в начале такта впуска открывается впускной клапан, а поршень перемещается от ВМТ. По мере перемещения поршня по направлению к НМТ в цилиндре образуется разрежение и в него поступает смесь паров бензина и воздуха, которую принято называть топливно-воздушной или горючей смесью. После прохода поршнем НМТ он за счет вращения коленчатого вала начнет подниматься к ВМТ, что является началом такта сжатия. В начале такта сжатия закрывается впускной клапан и оба клапана остаются закрытыми в течение всего такта. При перемещении поршня к ВМТ горючая смесь, находящаяся в цилиндре, сжимается, ее давление и температура возрастают. Максимальное значение давления сжатия возникает, когда поршень достигает ВМТ. Но поскольку процесс сгорания топлива занимает определенное время, горючую смесь необходимо поджечь заранее, до того как поршень дойдет до ВМТ в такте сжатия. Смесь воспламеняется с помощью электрической искры, проскакивающей между электродами свечи зажигания. Угол поворота коленчатого вала от момента появления искры до ВМТ называется углом опережения зажигания. При сгорании топлива выделяется большое количество энергоемких газов, которые давят на поршень, заставляя его в следующем такте совершать рабочий ход, который происходит при закрытых клапанах, когда поршень движется по направлению от ВМТ к НМТ. После рабочего хода начинается такт выпуска. При этом открывается выпускной клапан, а поршень движется по направлению к ВМТ, вытесняя отработавшие газы в атмосферу. Затем цикл повторяется в той же последовательности.

ДВУХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Двухтактный ДВС обычно не имеет клапанов (за исключением двухтактных дизелей), а вместо них в определенных местах цилиндра выполнены отверстия, которые называются продувочными окнами (рис. 2.3).

Через одно окно поступает топливно-воздушная смесь (или воздух в дизелях), а через другое удаляются отработавшие газы. В головке цилиндра устанавливается свеча зажигания (или форсунка в дизелях). Поршень в таких двигателях, как правило, имеет специальную форму. Во время первого такта происходит впуск и сжатие. Когда поршень находится в НМТ, оба продувочных окна открыты. Через одно из них под давлением от отдельного продувочного насоса или с использованием подпоршневой полости (картера) поступает свежая горючая смесь (или чистый воздух в дизелях) и, заполняя цилиндр, одновременно вытесняет остатки отработавших газов. Движущийся к ВМТ поршень перекрывает продувочные окна, и начинается процесс сжатия. Вблизи от ВМТ подается искра от свечи зажигания (или впрыскивается топливо в дизеле), после чего начинается второй такт — рабочий ход, который переходит в выпуск, после того как открывается выпускное окно.

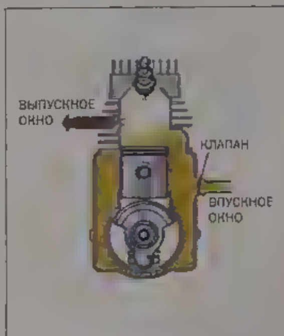


Рис. 2.3. **Схема двухтактного ДВС**

При одинаковой мощности двухтактный двигатель получается проще и компактнее, чем четырехтактный. Кроме того, в двухтактных двигателях рабочий ход происходит

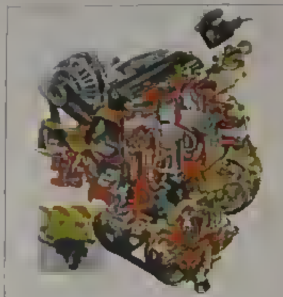


Рис. 2.4. Двухтактный трехцилиндровый автомобильный двигатель, разработанный совместно компаниями Ford и Orbital

в два раза чаще. Это привело к широкому применению двухтактных двигателей на небольших транспортных средствах и агрегатах, таких как мотоциклы, моторные лодки, газонокосилки и т. п. В 60-е гг. двухтактные двигатели устанавливались на автомобилях SAAB, а также на автомобилях, производившихся в ГДР (Wartburg и Trabant).

К сожалению, в классических двухтактных двигателях часть топливно-воздушной смеси неизбежно теряется вместе с отработавшими газами, что обусловливает худшую топливную экономичность, по сравнению с четырехтактными двигателями, и плохие экологические показатели. Вот почему все серийно выпускаемые в настоящее время автомобили комплектуются четырехтактными двигателями. Необходимо отметить, что в последнее время появились двухтактные двигатели, в которых используется процесс впрыскивания топливно-воздушной смеси, разработанный фирмой Orbital (рис. 2.4), что позволило значительно улучшить показатели таких двигателей. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен ниже. Многие исследователи отмечают также меньшую долговечность двухтактных двигателей, вызванную тем, что поршневые кольца постоянно пересекают кромки продувочных окон, и поэтому изнашиваются быстрее.

РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

За время более чем столетнего существования автомобиля предлагались сотни вариантов двигателей, но достойной замены поршневому ДВС не нашлось. Единственной альтернативой, достигшей применения на серийных автомобилях, является роторно-поршневой двигатель, или, как еще его называют по имени изобретателя — двигатель Ванкеля. Этот двигатель был впервые применен на автомобилях фирмы NSU, которая впоследствии вошла в группу компаний Volkswagen. Сейчас двигатели Ванкеля устанавливаются на некоторые автомобили компании Mazda. В частности, роторно-поршневому двигателю Mazda Renesis Rotary для спортивного автомобиля RX-8 была присуждена награда «Лучший новый двигатель 2003 года».

Роторно-поршневой двигатель работает по четырехтактному циклу, как и обычный поршневой ДВС (рис. 2.5). Вместо поршня в этом двигателе применяется вращающийся ротор (рис. 2.6) специальной формы, имеющий название «дельтоид».

Ротор вращается внутри корпуса двигателя, который называется статором и имеет сложную геометрическую форму. Ротор связан зубчатой передачей с корпусом двигателя, а за счет эксцентрикового вала может совершать планетарное перемещение внутри статора, при этом все три вершины ротора постоянно соприкасаются с внутренней поверхностью статора. При этом между ротором и статором образуются три полости переменного объема, в которых можно осуществить четырехтактный цикл. В корпусе двигателя выполнены каналы для прохода охлаждающей жидкости, а также для подачи воздуха, топлива и выпуска отработавших газов. Воспламенение топливно-воздушной смеси осуществляется с помощью свечей зажига

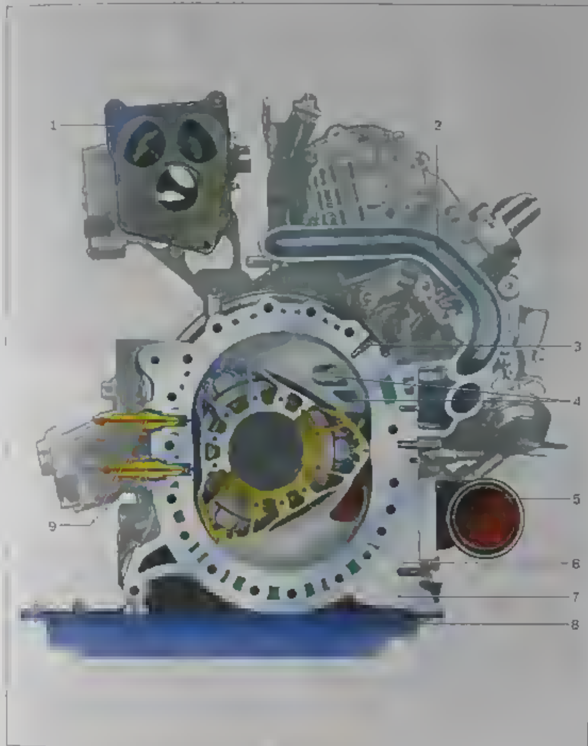


Рис. 2.5. **Роторно-поршневой двигатель «Ренезис»:** 1 — блок управления открывает те или иные впускные трубопроводы в зависимости от частоты вращения; 2 — на каждую секцию приходится по три впускных трубопровода разной длины. 3 — специальная форсунка подает масло к рабочим поверхностям; 4 — смесь в камеру сгорания попадает через боковые окна; 5 — выпускные каналы покрыты термостойкой керамикой; 6 — из-за бокового расположения выпускных окон часть отработавших газов не покидает камеру сгорания, а участвует в следующем цикле; 7 — облегченный ротор развивает до 10 000 $мин^{-1}$; 8 — ширина статора — 80 мм. 9 — основная и дожигающая свечи зажигания работают последовательно

Рис. 2.6. Детали двухроторного двигателя автомобиля Mazda



Рис. 2.7. Двухроторный двигатель Ванкеля автомобиля Mazda RX-8 в сборе

ния. Увеличение мощности таких двигателей достигается с применением нескольких роторов в одном двигателе (рис. 2.7).

Роторно-поршневые ДВС более легкие и компактные по сравнению с поршневыми двигателями и отличаются более высокой максимальной частотой вращения. Долгое время слабым местом этих двигателей были уплотнения вершин ротора, имевшие низкую долговечность, но со временем компания Mazda решила эту проблему. Однако большая площадь рабочих поверхностей ротора и статора и несовершенная форма камеры сгорания приводят к существенным потерям тепла, а это отрицательно сказывается на показателях двигателя. Поэтому двигатели Ванкеля по сравнению с поршневыми двигателями менее экономичны и более токсичны.

ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Основное отличие газотурбинного двигателя от поршневого заключается в том, что рабочий процесс в нем происходит не циклично, а непрерывно. Топливо постоянно впрыскивается в камеру сгорания такого двигателя и, смешавшись там с воздухом, сгорает. Образующиеся при этом газы с высокой скоростью попадают на лопатки силовой турбины и турбины компрессора. Силовая турбина через редуктор соединяется с трансмисси-

ет автомобиль, а компрессор служит для нагнетения воздуха в двигатель. Горячие газы, выходящие из турбины, попадают в теплообменник, где нагревают воздух, подающийся в камеру сгорания двигателя, после чего удаляются в атмосферу. Наличие теплообменника дает возможность повысить эффективность газотурбинного двигателя. Газотурбинные двигатели имеют высокую мощность при небольших размерах. Самой большой частью такого двигателя является теплообменник. Отсутствие возвратно-поступательных перемещений в таком двигателе обеспечивает высокую равномерность его работы. К другим преимуществам газовых турбин относятся легкость пуска при низких температурах, малая токсичность и возможность работы на различных (жидких и газообразных) топливах. Широкого применения на автомобилях газотурбинные двигатели не получили из-за низкой топливной экономичности, сильного шума при работе и высокой стоимости их производства. Существенным недостатком газотурбинных двигателей является также то, что они медленно реагируют при необходимости резкого ускорения автомобиля.

§ 7

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

В двигателе внутреннего сгорания выделяющиеся при сгорании топлива газы давят на поршень и через преобразующий механизм выполняют механическую работу по вращению коленчатого вала двигателя. Затем эта работа используется для вращения ведущих колес автомобиля. Любой двигатель обладает определенной мощностью и крутящим моментом. Большинство людей при оценке автомобиля в первую очередь обращают внимание на мощность его двигателя и не очень интересуются крутящим моментом, хотя его значение существенно влияет на поведение автомобиля на дороге. Крутящий момент на валу двигателя представляет собой произведение величин силы и длины плеча ее действия.

Современной единицей измерения крутящего момента является ньютонметр (Н·м). Крутящий момент, создаваемый двигателем, зависит от рабочего давления внутри цилиндра двигателя, площади поршня, радиуса кривошипа коленчатого вала и ряда других параметров. Поскольку время воздействия давления газов на поршень изменяется при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя, крутящий момент также изменяется. Если умножить величину крутящего момента, соответствующую определенной частоте вращения вала двигателя, на его угловую скорость, получим значение мощности двигателя, развиваемой при этой скорости. Начиная с XVIII в., единицей измерения мощности была лошадиная сила. Современной международной единицей измерения мощности является киловатт (кВт). При этом лошадиную силу (л. с.) довольно часто продолжают указывать в технических характеристиках автомобильных двигателей. Для того чтобы перевести мощность, указанную в киловаттах, в лошадиные силы, нужно умножить ее значение на 1,34.

Ускорение, развиваемое автомобилем, которым так интересуется большинство водителей, как раз в основном и зависит от величины крутящего момента. Мощность двигателя определяет, главным образом, максимальную скорость автомобиля. Профессиональные автомобилисты для оценки работы двигателя используют скоростные характеристики, которые представляют собой зависимость крутящего момента двигателя и его мощности от угловой скорости или частоты вращения его вала (рис. 2.8). Скорост-

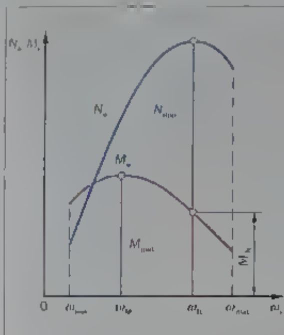


Рис. 2.8. **Скоростная характеристика ДВС:** N_e — эффективная мощность; M_e — эффективный крутящий момент; M_{max} — максимальный крутящий момент; N_{max} — максимальная мощность; M_N — крутящий момент, соответствующий максимальной мощности; ω — угловая скорость вала двигателя

ные характеристики реальных двигателей получают при их испытаниях на специальных стендах. Очевидно, что значения показателей двигателя будут зависеть от количества поступающего в двигатель топлива, то есть от положения педали «газа». Зависимость скорости автомобиля, полученная при максимальной подаче топлива в цилиндры двигателя, называется внешней скоростной характеристикой.

На графике скоростной характеристики отмечаются минимальные и максимальные обороты коленчатого вала двигателя. Как можно заметить из приведенной скоростной характеристики ДВС, крутящий момент достигает своего максимального значения при средних оборотах вала, а затем при дальнейшем увеличении частоты вращения снижается. Хорошо это или плохо? Давайте представим себе автомобиль, который движется по ровной горизонтальной дороге с максимальной скоростью, а его двигатель имеет такую кривую изменения крутящего момента. Максимальная скорость наступает при оборотах двигателя, близких к наибольшим, когда сила, приложенная к ведущим колесам автомобиля и соответствующая крутящему моменту двигателя при этих оборотах, увеличенному с помощью трансмиссии, уравняется с силами сопротивления движению, действующими на автомобиль. Если на дороге перед этим автомобилем возникнет даже небольшой подъем, сила сопротивления увеличится, а обороты двигателя уменьшатся. Что же произойдет при этом с крутящим моментом двигателя?

Из скоростной характеристики можно заметить, что уменьшение оборотов двигателя приведет к небольшому увеличению крутящего момента. Если подъем на дороге не очень велик, то этого увеличения крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, может хватить для его преодоления без перехода на более низкую передачу в трансмиссии автомобиля. Другими словами, двигатель с падающей характеристикой крутящего момента хорошо приспосабливается к увеличению сопротивления движению автомобиля. Причем, чем круче опускается кривая момента на скоростной характеристике при увеличении угловой скорости вращения вала двигателя, тем лучшей приспосабливаемостью он обладает.

Электрический двигатель имеет максимальное значение крутящего момента при минимальных оборотах, и при их увеличении крутящий момент постоянно снижается. Поэтому у электромобиля трансмиссия значительно упрощается — ему не нужна коробка передач. Но об электромобилях мы поговорим немного позже.

Любой автомобильный двигатель представляет собой совокупность механизмов и систем. Основными механизмами четырехтактного поршневого двигателя внутреннего сгорания являются кривошипно-шатунный механизм (КШМ) и газораспределительный механизм (ГРМ).

§ 8

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

В одноцилиндровом четырехтактном двигателе на каждые два оборота коленчатого вала приходится четыре хода поршня, только один из которых рабочий. Это приводит к неравномерной работе двигателя. Для небольших двигателей, таких как легкие лодочные моторы, двигатели мопедов, легких мотоциклов и т. д., такая неравномерность не представляет большой проблемы. Для более тяжелых автомобилей требуется большая мощность двигателя, а следовательно, и больший рабочий объем цилиндра. В этом случае неравномерность работы двигателя становится более заметной. Вот почему на современных автомобилях применяются многоцилиндровые ДВС. Применение нескольких цилиндров, в которых рабочий ход происходит в разные моменты времени, дает возможность сгладить пульсации крутящего момента на валу двигателя. Большинство легковых автомобилей малого класса имеют четырехцилиндровые двигатели, хотя иногда используются двухцилиндровые и трехцилиндровые. На более тяжелых автомобилях, требующих большой мощности, наряду с четырехцилиндровыми, могут применяться пятицилиндровые и шестицилиндровые двигатели. Легковые автомобили высшего класса оборудуются восьмицилиндровыми и двенадцатицилиндровыми двигателями, хотя встречаются двигатели с десятью цилиндрами. Большинство грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности имеют двигатели с шестью и восемью цилиндрами.

Кривошипно-шатунный механизм многоцилиндрового двигателя состоит из подвижных и неподвижных деталей.

К подвижным деталям КШМ относятся: поршень, поршневые кольца, поршневой палец, шатун, коленчатый вал, вкладыши подшипников и маховик. Неподвижными деталями КШМ являются: блок цилиндров, головка блока и прокладка головки блока (рис. 2.9).

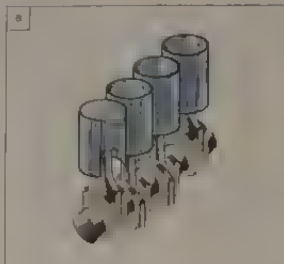
Кривошипно-шатунный механизм воспринимает давление газов, возникающих при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, и преобразует это давление в механическую работу по вращению коленчатого вала. Прежде чем перейти к подробному рассмотрению конструкций отдельных деталей современных КШМ, необходимо разобраться в применяемых компоновочных схемах.

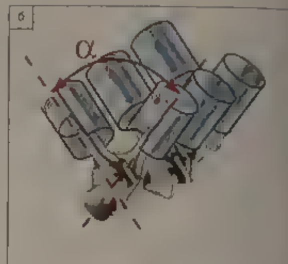


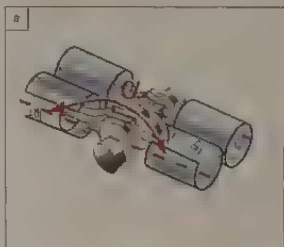
Рис. 2.9. **Неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма**

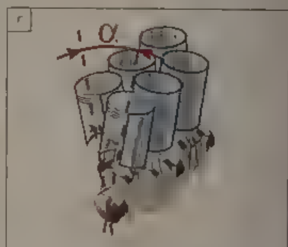
Расположение цилиндров в блоке определяет компоновочную схему двигателя (рис. 2.10). Если оси цилиндров расположены в одной плоскости, то такие двигатели называют рядными.

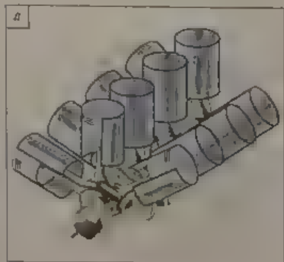
Рядные двигатели устанавливаются на автомобиле или вертикально, или под углом к вертикальной плоскости для уменьшения высоты, занимаемой двигателем, а в некоторых случаях горизонтально, например при размещении под полом автобуса. В V-образных двигателях оси цилиндров находятся в двух плоскостях, расположенных под углом друг к другу. Угол между осями цилиндров может быть различным. Разновидностью такого двигателя можно считать двигатель с так называемыми оппозитными (противолежащими) цилиндрами (в некоторых странах такую компоновку называют











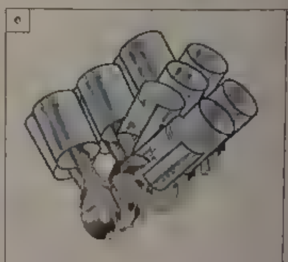


Рис. 2.10. Схемы расположения цилиндров в двигателях различной компоновки: а — рядный четырехцилиндровый; б — V-образный шестицилиндровый; в — оппозитный четырехцилиндровый; г — VR-двигатель шестицилиндровый; д и е — W-образные 12-цилиндровые двигатели; α — угол развала

«боксер», у которого этот угол составляет 180°. Сравнительно недавно появился двигатель W12, разработанный группой компаний Volkswagen, схема которого представляет собой как бы два V-образных двигателя с разными углами между осями цилиндров, имеющими общий коленчатый вал (рис. 2.11).

Перед тем как перейти к детальному рассмотрению двигателей различных компоновок и особенностей конструкций деталей КШМ, необходимо определиться с такими базовыми понятиями, как ход поршня и диаметр цилиндра, которые определяют рабочий объем двигателя и оказывают основное влияние на рабочие характеристики любого двигателя. Диаметр цилиндра — это диаметр отверстия, выполненного в блоке цилиндров. Ход поршня — расстояние между ВМТ и НМТ. Диаметр цилиндра и ход поршня принято измерять в миллиметрах, а объем двигателя в литрах. Понятно, что два двигателя одинакового объема могут иметь различное число цилиндров и различную компоновку.

Если диаметр цилиндра больше хода поршня, то такой двигатель называют короткоходным. Данные двигатели развивают более высокие максимальные обороты коленчатого вала, и в них упрощается размещение впускных и выпускных клапанов, что дает возможность получения высокой мощности. Если ход поршня превышает диаметр цилиндра, то двигатель

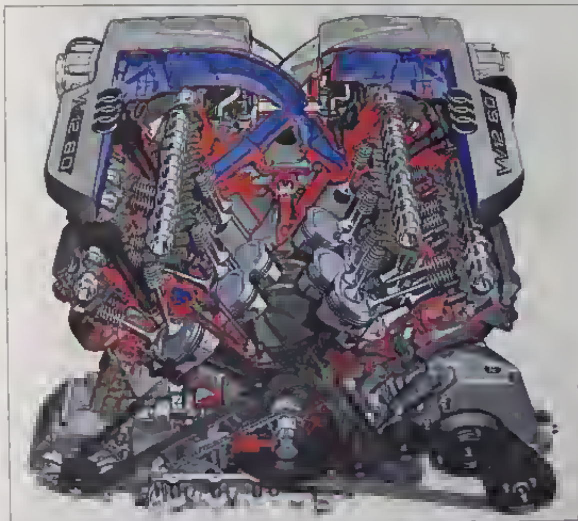


Рис. 2.11. **Двигатель W12, устанавливаемый на Audi A8 с 2001 г., практически состоит из двух двигателей V6 с различными углами развала цилиндров, использующих общий коленчатый вал**

считается длинноходным. Такие двигатели, как правило, более экономичны и характеризуются большими значениями крутящего момента. Длинноходные двигатели имеют большую высоту, но короче по длине.

При разработке конструкции двигателя приходится решать вопрос о выборе величины объема отдельного цилиндра. Если объем цилиндра сделать очень маленьким, то он будет плохо заполняться топливно-воздушной смесью и мощность такого двигателя будет низкой. В то же время нельзя безгранично увеличивать объем цилиндра, потому что при этом фронт распространения пламени может не успеть дойти до стенок цилиндра за то короткое время, которое отводится на рабочий ход, а это приведет к уменьшению давления в цилиндре и скажется на уменьшении мощностных показателей двигателя. В современных автомобильных двигателях объем отдельного цилиндра редко превышает 0,8 л, а в большинстве двигателей составляет около 0,5 л.

Как уже отмечалось ранее, чем большее число цилиндров имеет двигатель, тем равномернее он работает. Пульсации, возникающие при работе ДВС, могут быть уменьшены применением массивного маховика, устанавливаемого на конце коленчатого вала. Чем меньше цилиндров имеет двигатель, тем большой массой должен обладать маховик. В то же время массивный маховик из-за своей инерционности ухудшает способность двигателя быстро набирать обороты. Поэтому конструкторам двигателей приходится принимать компромиссные решения.

БАЛАНСИРОВКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Равномерность работы двигателя зависит также от его сбалансированности. Любой поршневой двигатель подвергается действию реактивных сил. Когда поршень в одноцилиндровом двигателе движется вверх, корпус двигателя стремится сдвинуться вниз, и наоборот. При этом та часть автомобиля, на которую установлен двигатель, будет постоянно подвергаться вертикальным колебаниям. Это явление можно устранить, установив на коленчатый вал противовесы. Вертикальные колебания прекратятся, но возникнут поперечные, вызванные самими противовесами. Если в двухцилиндровом рядном двигателе поршни будут двигаться в противоположных направлениях, они будут взаимно компенсировать вертикальные перемещения, но возникнут колебания двигателя вперед-назад. Все автомобильные двигатели устанавливаются на упругих опорах, но в случае большого дисбаланса вибрации могут передаваться на кузов автомобиля. Кроме неравномерности работы двигателя, вызванной перемещением поршней, существует неравномерность, вызванная движением шатунов, которые совершают сложное движение: вверх-вниз и из стороны в сторону.

Общий дисбаланс двигателя в значительной степени зависит от его компоновки. Так, например, четырехцилиндровый рядный двигатель, в отличие от V-образных четырехцилиндровых (двигатель автомобилей Lancia, МеМЗ-968), достаточно хорошо сбалансирован. Неслучайно они устанавливаются на многих небольших легковых автомобилях. Хотя при увеличении объема такого двигателя вибрации могут стать ощутимыми. Еще лучше сбалансирован четырехцилиндровый двигатель с оппозитными (противолежащими) цилиндрами. Такие двигатели успешно применялись на автомобилях VW Beetle, а в настоящее время устанавливаются на большинство автомобилей Subaru. Шестицилиндровые двигатели с оппозитными цилиндрами (Porsche 911 и некоторые Subaru) обладают отличной равномерностью при работе. Кроме того, такие двигатели дают возможность понизить центр масс автомобиля, а при переднем расположении — применить пологий капот, улучшающий аэродинамику автомобиля. К недостаткам таких двигателей следует отнести сложность их производства и обслуживания. В рядном шестицилиндровом двигателе можно добиться практически абсолютной сбалансированности сил инерции. V-образные шестицилиндровые двигатели более компактны по длине, что особенно важно при их поперечной установке на автомобиле. Сбалансированность V-образных двигателей зависит от угла между осями цилиндров. Так, для V-образного шестицилиндрового

двигателя наилучшим углом будет угол 60° или 120° (или 180° у двигателя с оппозитными цилиндрами). Такие же углы «идеально» подходят для почти полностью сбалансированного двигателя V12, хотя большие углы увеличивают ширину двигателя. Достаточно хорошо сбалансирован двигатель V8, если угол между осями цилиндров составляет 90° и применяется соответствующая конструкция коленчатого вала.

Дисбаланс двигателей может быть почти полностью компенсирован применением балансирных валов (рис. 2.12), которые имеют противовесы и приводятся во вращение от коленчатого вала двигателя. Для получения хороших результатов балансирные валы должны устанавливаться в определенном месте двигателя, что существенно усложняет его конструкцию.

В последнее время для уменьшения вибраций рядных четырехцилиндровых двигателей большого объема стали широко применять балансирные валы, устанавливаемые рядом в поддоне картера двигателя (двигатели Ford Cosworth DOHC, двигатели BMW) (рис. 2.13).

Довольно часто производители автомобилей увеличивают мощность двигателя за счет добавления еще одного цилиндра. Такой способ дает возможность сборки двигателей на одной технологической линии, что удешевляет производство. Таким образом, были созданы пятицилиндровые двигатели Volvo, Volkswagen и FIAT. Для таких двигателей часто применяются балансирные валы. Двигатели с тремя цилиндрами также сбалансированы плохо, и, поскольку они устанавливаются на недорогие автомобили, конструкторы часто отказываются от применения балансирных валов, позволяя двигателю работать неравномерно, но для монтажа двигателя применяют специальные вибропоглощающие опоры, которые дают возможность свести к минимуму передачу на кузов вибраций. На дорогих автомобилях применяются еще более совершенные опоры двигателя. Так, на Range Rover с дизелем TD6 применяются гидравлические опоры с электронным управлением. Компьютер, управляющий работой этих опор, сводит практически к нулю все вибрации, передающиеся на кузов автомобиля.



Рис. 2.12. Балансирные валы двигателя GM Vortec 2004 г. располагаются рядом с коленчатым валом в блоке цилиндров и имеют возможность вращаться в разные стороны благодаря шестеренчато-цепному приводу. Для снижения шума используются гидравлический натяжитель и успокоители цепи



Рис. 2.13. Компактные балансирные валы четырехцилиндрового двигателя BMW Valvetronic располагаются в поддоне картера



Рис. 2.14. Двигатель V10 произведенный компанией BMW для автомобилей Формулы–1

Двигатели V10 (рис. 2.14), которые успешно применяются на гоночных автомобилях Формулы-1, между рядами цилиндров имеют угол 72°. Такой двигатель недостаточно сбалансирован, но работает довольно равномерно из-за большого числа цилиндров.

БЛОК ЦИЛИНДРОВ

Блок цилиндров (рис. 2.15) и его головка — это самые крупные и тяжелые части двигателя, изготавливаемые с помощью литья с последующей механической обработкой. В двигателе с жидкостным охлаждением вокруг цилиндров располагаются каналы для прохода охлаждающей жидкости, которые образуют водяную рубашку. Цилиндры двигателей воздушного охлаждения обычно изготавливаются отдельно и имеют ребра для увеличения площади охлаждаемой поверхности (рис. 2.16).

Нижняя часть блока цилиндров обычно обрабатывается для установки в блок коренных подшипников коленчатого вала и для присоединения поддона картера. Большое значение имеет расстояние между соседними цилиндрами. Увеличение расстояния дает возможность повысить жесткость блока и обеспечить возможность увеличения в дальнейшем рабочего объема двигателя путем увеличения диаметра цилиндров (наиболее простой способ получения модификаций двигателей различной мощности). С другой стороны, это приводит к увеличению габаритных размеров двигателя и его массы. В последнее время некоторые производители автомобильных двигателей изготавливают блоки цилиндров, в которых соседние цилиндры соприкасаются стенками (так называемые сиамские блоки). Такой способ дает возможность получить довольно жесткую конструкцию при сравнительно небольшом размере. Жесткость блока цилиндров в значительной степени определяет шумовые характеристики двигателя.

Долгое время единственным материалом для изготовления блоков цилиндров служил чугун. Этот материал недорог, он обладает высокими прочностью и жесткостью при хороших литьевых качествах. Кроме того, обработанные хонингованием внутренние поверхности чугунных цилиндров обладают отличными антифрикционными свойствами и высокой износостойкостью. Существенными недостатками чугуна являются его большая масса и низкая теплопроводность. Стремление конструкторов к созданию более легких двигателей привело к разработке конструкции блоков цилиндров из алюминиевых сплавов. Алюминий значительно уступает чугуну в жесткости и износостойкости, поэтому блок из алюминия должен иметь большое количество ребер жесткости, а в качестве цилиндров обычно служат те же чугунные гильзы, которые вставляют-

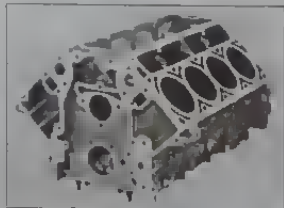


Рис. 2.15. **Алюминиевый блок цилиндров двигателя V8 с запрессованными «сухими» гильзами. В нижней части блока видна рама лестничного типа, с помощью которой крепится коленчатый вал**

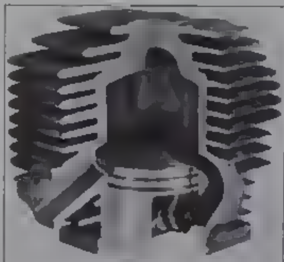


Рис. 2.16. **Цилиндр и поршень двухтактного двигателя воздушного охлаждения**

ся в алюминиевый блок в процессе сборки, заливаются или запрессовываются в него при изготовлении (рис. 2.17). Если гильза цилиндра непосредственно омывается охлаждающей жидкостью, она называется «мокрой», а если нет — «сухой». Мокрые гильзы должны иметь надежное уплотнение с полостью охлаждения блока цилиндров.

Применение большого количества ребер жесткости и чугунных гильз в значительной мере сводит на нет преимущества от применения блоков цилиндров из алюминиевых сплавов. Использование в производстве современных технологий дает возможность изготовления легких «алюминиевых» двигателей, у которых блок цилиндров не имеет чугунных гильз (рис. 2.18). В рабочих поверхностях цилиндров в алюминиевых блоках электролити-



Рис. 2.17. **Блок цилиндров двигателя Nordstar GM с «сухой» гильзой. На разрезе хорошо видно, как вставлены в блок цилиндров «сухие» гильзы. Обратите внимание на выполненные в днищах поршней канавки, предохраняющие от касания поршня клапанами**

Рис. 2.18. **Двигатель Jaguar с алюминиевым блоком. Блок цилиндров этого компактного шестицилиндрового V-образного 24-клапанного двигателя, предназначенного для поперечной установки на автомобиль Jaguar X-type, полностью изготовлен из алюминиевого сплава**



Рис. 2.19. **Рама лестничного типа в блоке. Рамы лестничного типа заменяют привычные крышки коренных подшипников коленчатого вала в конструкции современных ДВС, придают высокую жесткость блоку цилиндров и продлевают жизнь коленчатому валу**

ческим путем создается повышенное содержание кремния, а затем цилиндры подвергаются химическому травлению для создания на рабочей поверхности цилиндров износостойкой пористой пленки чистого кремния, хорошо удерживающей смазку. Кроме того, особенно часто в двухтактных двигателях на алюминиевый цилиндр наносится слой хрома или кремний-никелевого сплава (никасил).

Жесткость алюминиевого блока цилиндров может быть повышена не только применением большого количества ребер жесткости, но и использованием специальных проставок лестничного типа в блоке (рис. 2.19). Такие проставки, соединенные с блоком, помимо значительного повышения жесткости самого блока, служат прочной основой для установки коренных подшипников коленчатого вала, что повышает его долговечность. Такая конструкция блока цилиндров становится нормой при производстве бензиновых двигателей современных легковых автомобилей. При производстве дизелей, в которых из-за высоких нагрузок и большой шумности требуется большая жесткость блока, часто применяют чугунные блоки цилиндров.

ГОЛОВКА БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

Головка блока цилиндров закрывает сверху цилиндры и крепится к блоку с помощью болтов или шпилек. Для того чтобы при сборке двигателя не произошло деформации головки блока, заворачивание крепежных элементов должно производиться с заданным усилием и в определенной последовательности. Головка блока обычно отливается из алюминиевого сплава (реже из чугуна). В ней полностью или частично располагаются камеры сгорания. Внутри головки выполняются впускные и выпускные каналы, каналы водяной рубашки для прохода охлаждающей жидкости и каналы смазочной системы. Каналы для подачи топливно-воздушной смеси или воздуха в цилиндры и выпуска отработавших газов проходят в каждую камеру сгорания и заканчиваются запрессованными в головку блока седлами клапанов, изготовленными из чугуна или других прочных материалов. В каждом цилиндре двигателя установлено, как минимум, по два клапана (впускной и выпускной). Клапаны прижимаются к седлам с помощью пружин. В головке блока цилиндров располагаются и другие детали газораспределительного механизма. Сверху головка блока закрывается крышкой, которая крепится к головке через прокладку. Крышка головки блока изготавливается из листовой стали или алюминиевого сплава.

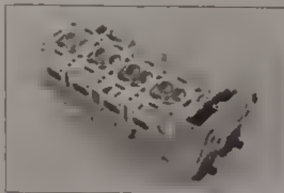


Рис. 2.20. **Головка блока четырехцилиндрового рядного двигателя с двумя распределительными валами и четырьмя клапанами на цилиндр**

Головки блока цилиндров двигателей современных автомобилей могут иметь довольно сложную конструкцию (рис. 2.20) и включать в себя большое количество деталей в зависимости от конструкции механизма газораспределения.

Поршень (рис. 2.21) имеет довольно сложную конструкцию, потому что он подвергается очень большим и непостоянным по величине нагрузкам.

Наружная поверхность направляющей части носит название юбки. Во время рабочего хода на поршень воздействует высокое давление расширяющихся при высокой температуре газов. С другой стороны, при работе двигателя, особенно на высоких оборотах, поршень подвергается большим знакопеременным инерционным нагрузкам. При нахождении поршня в ВМТ и НМТ его ускорение равно нулю, а затем поршень резко ускоряется и движется с большой скоростью, причем направление движения меняется сотни раз в секунду. Для уменьшения инерционных нагрузок необходимо максимально уменьшать массу поршня. В то же время он должен иметь высокую прочность, чтобы противостоять высокому давлению и нагреву при соприкосновении с горячими газами с последующим охлаждением при подаче в цилиндр холодного свежего заряда. В настоящее время поршни бензиновых и дизельных автомобильных двигателей изготавливают из алюминиевых сплавов. При производстве поршня в отливку в процессе изготовления часто закладывают стальные вставки, которые повышают его жесткость и препятствуют температурному расширению. Иногда стальную вставку располагают в канавке под верхнее компрессионное (наиболее нагруженное) поршневое кольцо.



Рис. 2.21. Поршни современных двигателей имеют тенденцию к уменьшению высоты юбки

При нагревании поршень расширяется. Для компенсации температурного расширения поршня при нагревании ему придают специальную форму. Юбка поршня в поперечной плоскости имеет форму овала, а не окружности. В продольной плоскости юбка поршня выглядит как усеченный конус. Части поршня с большой температурой или с большим объемом металла расширяются сильнее (например, часть юбки, где расположены бобышки), и при достижении рабочей температуры в двигателе поршень принимает форму цилиндра.



Рис. 2.22. Рабочая поверхность юбки поршня двигателя Ford Duratec покрыта антифрикционным слоем. Разъем нижней головки шатуна выполнен по специальной технологии, с помощью местного разрыва, что обеспечивает исключительно точное совпадение сопрягаемых деталей

За время своего существования поршни претерпели значительные изменения конструкции. Если сравнить поршень двигателя





Рис. 2.23 **Поршень дизельного двигателя (а) грузового автомобиля и формы поршней разных двигателей (б):** 1 — канавка нижнего маслосъемного кольца; 2 — проточка под стопорное кольцо поршневого пальца; 3 — внутренняя поверхность бобышки; 4 — отверстие для смазки поршневого пальца; 5 — канавка верхнего маслосъемного кольца; 6 — канавки компрессионных колец; 7 — головка поршня; 8 — камера сгорания в поршне; 9 — днище поршня; 10 — отверстия для отвода масла; 11 — юбка

современного автомобиля с его предшественником, можно заметить, что поршни стали значительно короче. Большая часть юбки (рис. 2.22) обрезается с каждой стороны, и остаются только две небольшие секции для того, чтобы предотвратить перекос поршня в цилиндре. Благодаря совершенству конструкции силы, воздействующие на поршень, сбалансированы таким образом, чтобы свести к минимуму тенденцию к повороту. Расстояние от днища поршня до верхней канавки под поршневое кольцо уменьшают с целью снижения возможности образования нагара в этой части. За счет уменьшения размеров сечений в конструкции поршня удалось значительно снизить его массу. Для уменьшения потерь на трение и повышения долговечности деталей КШМ на боковую поверхность поршня наносят слой антифрикционного материала, содержащего дисульфид молибдена или графит.

Днище поршня может быть плоским, выпуклым, вогнутым, иметь канавки, для того чтобы при полном открытии клапанов они не касались поршня. У дизельного двигателя (рис. 2.23) камера сгорания может быть выполнена в поршне.

Поршни двигателей с непосредственным впрыском топлива имеют особую форму, необходимую для обеспечения процесса сгорания топлива.

Поршневые кольца изготавливаются из специально модифицированного чугуна. В двигателях современных автомобилей используют несколько типов колец. Верхние компрессионные кольца служат для того, чтобы предотвратить прорыв газов в картер двигателя, а нижнее маслосъемное — контролирует количество масла на стенках цилиндра (стенки смазываются маслом, поступающим из картера в виде масляного тумана). Масло необходимо для предотвращения износа ЦПГ, но его излишки нежелательны. Поэтому следует подавать его больше, чем нужно, а излишки удалять с помощью маслосъемного кольца, работающего как скребок. Один из способов получения более компактных и легких поршней — выполнение колец более узкими и мелкими с компактным размещением их в верхней части головки поршня. При этом предъявляются повышенные требования к материалу, из которого они изготовлены, и к точности их изготовления.

Шатун является необходимым звеном между поршнем и коленчатым валом, обеспечивая передачу давления от сгорания горючей смеси во время рабочего хода, а также перемещение поршня во время других тактов. Таким образом, нагрузка на шатун постоянно изменяется в значительных пределах как по величине, так и по направлению. Шатун должен быть прочным, чтобы выдерживать максимальные усилия растяжения, и в то же время жестким, чтобы не изгибаться при сжатии. Жесткость при этом должна сочетаться с небольшой массой для уменьшения инерционных нагрузок. Поэтому стержни большинства шатунов делают двутавровыми в сечении. Наиболее распространенными являются стальные шатуны. Они или штампуются (для уменьшения стоимости), или изготавливаются ковкой (более дорогие, но прочные), но в обоих случаях обязательно подвергаются упрочнению, в том числе и закалке. В некоторых последних моделях используются шатуны из алюминиевых сплавов и проводятся эксперименты по применению шатунов из композитных материалов, когда алюминий упрочняется керамическими волокнами. В высокофорсированных двигателях спортивных автомобилей, как правило, используются шатуны из сплава титана.

Верхняя головка шатуна представляет собой втулку с цилиндрическим отверстием для соединения с поршнем с помощью поршневого пальца. Поршневой палец представляет собой стальной полый цилиндр, поверхность которого упрочняется в процессе производства и имеет высокий класс чистоты механической обработки для уменьшения концентраторов напряжений. Поршневой палец может иметь возможность проворачиваться как в головке шатуна, так и в бобышках поршня. В этом случае он фиксируется от продольного перемещения специальными стопорными кольцами, а между пальцем и внутренней поверхностью головки шатуна устанавливается втулка из антифрикционного материала. Такой поршневой палец называется «плавающим». Преимущество «плавающего» пальца — это его равномерный износ по окружности, а также большая надежность работы (на случай заклинивания в шатуне или в бобышках). Поршневые пальцы «неплавающего» типа запрессованы в верхней головке шатуна и проворачиваются только в бобышках поршня. В этом случае стопорные кольца и втулка не нужны и конструкция получается проще и легче. Нижняя головка шатуна должна быть разборной, чтобы иметь возможность соединения с шейкой коленчатого вала, а две части шатуна соединяются болтами. Сейчас многие фирмы не разрезают нижнюю головку шатуна, а подвергают закаленные шатуны контролируемому [illegible]



Коленчатый вал (рис. 2.25) воспринимает усилия, передаваемые от поршней шатуном и преобразует их в крутящий момент. Поэтому коленчатый вал должен быть прочным и жестким.

В качестве материала для коленчатого вала используют высокопрочный чугун и сталь. Чугунные валы изготавливают методом литья, а стальные — методом ковки. Рабочие поверхности коренных и шатунных шеек коленчатого вала подвергают упрочнению с помощью термической обработки и последующей шлифовке.

Коленчатый вал состоит из нескольких коренных шеек, соединенных щеками с шатунными шейками. Щеки коленчатого вала продолжаются в противоположном от шейки направлении, образуя противовесы. В некоторых двигателях грузовых автомобилей используют съемные противовесы, которые крепятся к коленчатому валу болтами. Коренные шейки всегда больше в диаметре, чем шатунные. Коленчатый вал будет более жестким, если коренные и шатунные шейки перекрывают друг друга при взгляде с торца вала. Очевидно, что намного легче добиться перекрытия шеек при короткоходном двигателе. Если по обеим сторонам от шатунной шейки расположены коренные шейки, коленчатый вал является полноопорным. В противном случае он неполноопорный и поэтому должен быть более жестким, а следовательно, более массивным, чтобы воспринимать значительные изгибающие и закручивающие усилия. Поэтому в современных двигателях в основном применяются полноопорные валы. В настоящее время редко применяют разборные коленчатые валы, хотя такая конструкция вала дает возможность применять шатуны с неразъемной нижней головкой. Переход от шейки к щеке является опасным с точки зрения концентрации напряжений, и поэтому его выполняют по радиусу. Такая конструкция уменьшает возможность появления трещин и последующего усталостного излома.

В качестве коренных и шатунных подшипников скольжения в настоящее время применяют разъемные, тонкостенные вкладыши. Вкладыши изготавливают из стальной ленты с нанесенным на нее слоем антифрикционного сплава. Для того чтобы установленные вкладыши не проворачивались в опорах коленчатого вала и головках шатунов, они имеют выступ, с помощью которого фиксируются в соответствующих канавках. Для предохранения коленчатого вала от осевых перемещений используются упорные подшипники скольжения.



Рис. 2.25. **Коленчатый вал двигателя V6**

Внутри коленчатого вала, в щеках и шейках коленчатого вала просверлены отверстия для прохода масла. Подшипники коленчатого вала подвергаются значительным нагрузкам и даже кратковременная работа двигателя без масла приводит к его выходу из строя, поэтому к шейкам коленчатого вала масло подается постоянно под давлением.

К заднему концу коленчатого вала крепится маховик. Маховик служит для уменьшения неравномерности работы двигателя, запасая энергию при рабочем ходе и отдавая ее при других тактах, а также выводит КШМ из мертвых точек. Маховик представляет собой массивный диск, выполненный из чугуна. На внешнюю цилиндрическую поверхность маховика напрессован зубчатый венец, обеспечивающий проворачивание коленчатого вала при пуске двигателя с помощью электрического стартера. У многоцилиндровых двигателей рабочий ход происходит одновременно в нескольких цилиндрах. У таких двигателей крутящий момент более равномерный и масса маховика может быть уменьшена.

Каким бы жестким ни был коленчатый вал, он подвергается крутильным колебаниям. Крутильные колебания можно представить как постоянное закручивание с последующим раскручиванием вала, что происходит при работе двигателя с определенной частотой. При совпадении частоты крутильных колебаний с частотой внешних сил может наступить резонанс, который приведет к резкому увеличению нагрузок, действующих на коленчатый вал, и, как следствие, к его поломке. Излом коленчатых валов (обычно в месте соединения щеки с коренной шейкой) был частой причиной выхода из строя двигателей старых конструкций. Современные коленчатые валы имеют высокую жесткость, и резонансные частоты находятся за пределами возможных частот вращения валов этих двигателей. Тем не менее в конструкции двигателей часто применяют гасители крутильных колебаний, которые снижают до нужного уровня виброактивность коленчатого вала. Наиболее распространенный способ: разделить шкив или диск, установленный на коленчатом вале, на внутреннюю и наружную части и соединить их упругим материалом, который поглощает вибрации за счет внутреннего трения.

Сейчас все большее распространение получают двухмассовые маховики, которые успешно выполняют функцию гасителя крутильных колебаний (рис. 2.26).

Прогресс в системах управления может внести дополнительные изменения в конструкцию двигателей. Сегодня разработаны новые тороидные стартер-генераторы (рис. 2.27), которые не только мгновенно и бесшумно пускают двигатель, но и дают возможность за счет электронного управления гасить всевозможные колебания и вибрации, а также обеспечивают возможность работы двигателя при экстремальных нагрузках. Подробнее о новых направлениях в системе электрооборудования будет сказано ниже (см. гл. 8).



Рис. 2.26. **Двухмассовый маховик двигателя автомобиля Ford Mondeo**

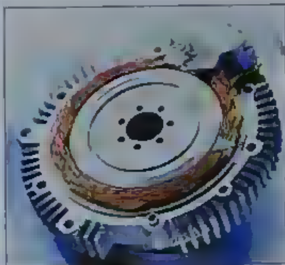


Рис. 2.27. **Тороидный стартер-генератор**

§ 9

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ

Газораспределительный механизм (ГРМ) обеспечивает очень важную функцию, а именно своевременную подачу в конкретные цилиндры двигателя горючей смеси или чистого воздуха (в зависимости от типа двигателя) и выпуска из этих цилиндров продуктов сгорания во время такта выпуска. Эти процессы происходят в соответствии с принятым для данного двигателя порядком работы цилиндров и фазами газораспределения. В четырехтактных двигателях внутреннего сгорания применяются в основном клапанные механизмы газораспределения.

КЛАПАНЫ

Для работы четырехтактного ДВС требуется как минимум по два клапана на цилиндр — впускной и выпускной. В настоящее время применяются клапаны тарельчатого типа со стержнем (рис. 2.28). Для улучшения наполнения цилиндра горючей смесью диаметр тарелки впускного клапана делается больше, чем у выпускного. Седла клапанов изготовленные из чугуна или стали, запрессовываются в головку блока цилиндров.

При работе двигателя клапаны подвергаются значительным механическим и тепловым нагрузкам, поэтому для их изготовления применяются специальные сплавы. Иногда для улучшения охлаждения клапанов высокофорсированных двигателей применяют клапаны с полым стержнем, который заполняется натрием. Натрий при рабочих температурах плавится и в расплавленном виде перетекает внутри клапана, перенося тепло от более нагретой тарелки клапана к стержню. Для лучшей очистки рабочей фаски от нагара и равномерной теплопередачи иногда применяются различные механизмы для вращения клапана.

ГРМ могут быть нижнеклапанными и верхнеклапанными, но в современных двигателях используются только верхнеклапанные ГРМ, когда клапаны располагаются в головке цилиндров. Клапан удерживается в закрытом состоянии с помощью пружины, а открывается при нажатии на стержень клапана. Клапанные пружины должны иметь определенную жесткость для гарантированного закрытия клапана при работе, но жесткость пружины не должна быть чрезмерной, чтобы не увеличивать ударной нагрузки на седло клапана. Иногда для уменьшения возможности резонансных колебаний используются пружины уменьшенной жесткости, но на один клапан устанавливается по две пружины. При использовании двух пружин они должны быть навиты в разные стороны, чтобы не произошло заклинивания клапана в случае поломки одной из пружин и попадания ее витка между витками другой пружины. Для снижения потерь на трение в ГРМ сейчас широко применяются ролики, размещаемые на рычагах и толкателях привода клапанов (рис. 2.29а, б)



Рис. 2.28. Клапан





Рис. 2.29. **Замена трения скольжения трением качения путем применения в клапанном механизме роликов дает возможность уменьшить потери на привод клапанов**

При открытии (опускании) впускного клапана через кольцевой проход между тарелкой клапана и седлом проходит топливно-воздушная смесь (или воздух) и заполняет цилиндр. Чем больше будет площадь проходного сечения, тем полнее заполнится цилиндр, а следовательно, и выходные показатели этого цилиндра при рабочем ходе будут выше. Для лучшей очистки цилиндров от продуктов сгорания желательно также увеличить диаметр тарелки выпускного клапана. Размеры тарелок клапанов ограничены размером камеры сгорания, выполненной в головке цилиндров. Лучшее наполнение цилиндров и их очистка обеспечивают-

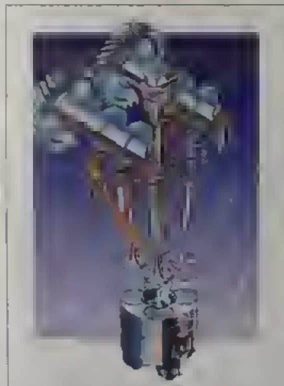


Рис. 2.30. **Четырехклапанная камера сгорания. Применение газораспределительного механизма с четырьмя клапанами на цилиндр в дизельном двигателе**

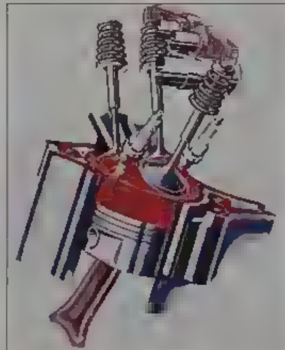


Рис. 2.31. **Трехклапанный ГРМ. Компания DaimlerChrysler утверждает, что ГРМ с двумя впускными, одним выпускным и двумя свечами зажигания обеспечивает незначительное количество вредных веществ в отработавших газах**

ся при использовании большего, чем два, числа клапанов на один цилиндр. Большинство современных двигателей имеют по два впускных и по два выпускных клапана на цилиндр (рис. 2.30), хотя встречаются трехклапанные (два впускных и один выпускной) системы и пятиклапанные (три впускных и два выпускных).

Впервые четыре клапана на цилиндр были использованы еще 1912 г. на двигателе автомобиля Peugeot Gran Prix. Широкое использование такой схемы на серийных легковых автомобилях началось только в 1970-е гг. Сейчас ГРМ с четырьмя клапанами на цилиндр стали практически стандартными для двигателей европейских и японских легковых автомобилей. Некоторые из двигателей Mercedes имеют по три клапана на цилиндр, два впускных и один выпускной, с двумя свечами зажигания (по одной с каждой стороны от выпускного клапана) (рис. 2.31). Двигатели некоторых автомобилей группы Volksvagen-Audi и ряд японских двигателей используют пять клапанов на цилиндр (три впускных и два выпускных), но при таком числе клапанов значительно усложняется их привод.

ПРИВОД КЛАПАНОВ

Впускные и выпускные клапаны открываются и закрываются в нужные моменты за счет кулачков, расположенных на распределительном вале или на двух валах: для впускных клапанов и для выпускных. Распределительный вал приводится в действие от коленчатого вала. Для привода распределительного вала могут использоваться шестерни, цепь или зубчатый ремень. Поскольку в четырехтактном двигателе каждый клапан открывается только один раз каждые два оборота двигателя, распределительный вал должен вращаться в два раза медленнее коленчатого вала. Кулачки могут воздействовать непосредственно на толкатели клапанов или через коромысла или рычаги. Направляющие втулки клапанов, изготовлены из чугуна, латуни, бронзы или спеченной порошковой композиции и запрессованы в головку блока цилиндров. Толкатели имеют цилиндрическую форму и выполнены из стали.

Чем меньше деталей в приводе клапанов, тем меньше масса ГРМ, а следовательно, меньше и силы инерции, мешающие быстрому увеличению оборотов двигателя. Наиболее эффективными в этом случае будут ГРМ с размещенным в головке цилиндров распределительным валом. Такие двигатели появились в массовом производстве в 1960-е гг. и получили название OHC (Overhead Camshaft), что означает верхнее расположение распределительного вала. Как альтернатива могут использоваться два распределительных вала, по одному для каждого ряда клапанов. Такие двигатели называются «двухвальные верхнеклапанные» DOHC (Double Overhead Camshaft) (рис. 2.32).

Ушли в прошлое нижнеклапанные ГРМ, в которых клапаны располагались не в головке цилиндров, а в блоке, рядом с камерой сгорания, и открывались снизу вверх с помощью простого толкателя от распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров рядом с коленчатым валом. В таком двигателе головка цилиндров получалась простой и плоской, но камера сгорания была очень неудачной формы. Такие двигатели выпускались до 50-х гг., а затем их заменили более эффективные верхнеклапанные.

До настоящего времени выпускаются двигатели, у которых клапаны расположены в головке цилиндров, а распределительный вал размещен в блоке. При такой схеме для привода коромысел клапанов требуются дополнительные толкатели и штанги толкателей. Такие двигатели принято обозначать OHV (Overhead Valve) — верхнеклапанный. Для привода распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров близко к коленчатому валу, можно использовать простую зубчатую передачу. Когда нужно выбрать привод для распределительных валов, находящихся в головке, приходится выбирать между цепью и зубчатым ремнем. Цепной привод надежнее и более долговечен, чем ременный, но требует смазки и, как след-

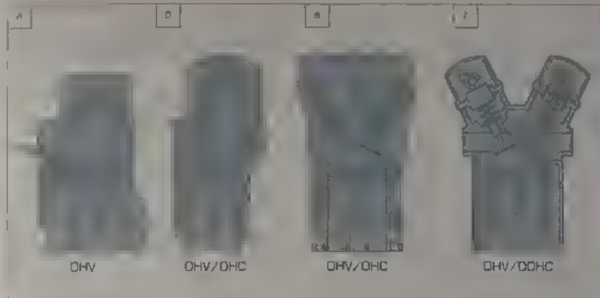


Рис. 2.32 а. **Конструктивные варианты привода клапанов: а — привод клапанов с помощью штанг при нижнем расположении распределительного вала; б — привод клапанов рычажным толкателем; в — привод клапанов двумя коромыслами от одного кулачка верхнего распределительного вала; г — непосредственный привод от распределительного вала через толкатель при верхнем расположении клапанов;** OHV — верхнеклапанная схема с нижним распределительным валом, OHC — верхнее расположение распределительного вала; DOHC — схема с двумя распределительными валами верхнего расположения

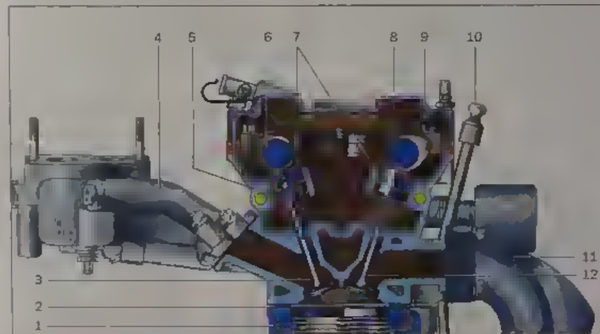


Рис. 2.32 б. **ГРМ двигателя ЗМЗ-4063:** 1 — поршень; 2 — прокладка головки блока цилиндров; 3 — впускной клапан; 4 — впускной трубопровод; 5 — головка блока цилиндров; 6 — распределительный вал впускных клапанов; 7 — гидротолкатели; 8 — распределительный вал выпускных клапанов; 9 — крышка головки блока цилиндров; 10 — масломерный щуп; 11 — выпускной коллектор; 12 — выпускной клапан

пане, герметизации крышки, закрывающей привод. Цепь существенно тяжелее ремня и поэтому для нее требуется более качественное натяжение и устройство для гашения вибрации. Зубчатые ремни дешевле, но требуют более частого контроля и замены после определенного пробега. Лучшие образцы современных ремней ГРМ могут прослужить без замены более 150 000 км пробега автомобиля.

ТЕПЛОВЫЕ ЗАЗОРЫ В ПРИВОДЕ

При изменении температуры двигателя изменяются размеры всех его деталей. Это может привести к неполному закрытию клапанов, в результате чего двигатель теряет мощность, а клапаны со временем могут выйти из строя за счет обгорания их рабочей кромки. Для компенсации влияния меняющегося температурного режима двигателя в приводе клапанов всегда предусматривается так называемый температурный зазор. Износ деталей ГРМ приводит к необходимости периодической регулировки тепловых зазоров. Для регулировки зазоров в ГРМ устанавливают регулировочные винты в коромыслах или рычагах. Если клапаны управляются непосредственно от распределительного вала, установленного в головке, зазор обычно регулируется с помощью установки специальных прокладок определенной толщины под цилиндрический толкатель. Регулировка зазоров требует снятия по крайней мере крышки головки блока. Сегодня большинство двигателей оборудовано автоматическими гидравлическими компенсаторами, в которые под давлением подается моторное масло так, чтобы гарантировать нулевой зазор, — таким образом обеспечивается полное закрытие клапанов и снижается шум при работе двигателя. Польза от гидрокомпенсаторов особенно заметна в двигателях с четырьмя клапанами на цилиндр, потому что регулировка привода 16-и клапанов в четырехцилиндровом двигателе, не говоря уже о 32-х в двигателях V8, становится серьезной работой. Гидравлические толкатели весят существенно больше механических, стоят намного дороже, а также требовательны к качеству и полноте очистки масла. Например, на двигателе AJ-V8 автомобиля Jaguar было решено отказаться от использования гидротолкателей, но выбор точной конструкции и материалов позволили установить зазоры в приводе клапанов на весь срок службы, без необходимости их регулировки.

ФАЗЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Горючая смесь и отработавшие газы имеют определенную массу и обладают инерцией. Вследствие инерционного напора струи горючая смесь будет продолжать поступать в цилиндр через впускной клапан в процессе впуска даже когда поршень, достигнув НМТ, начнет двигаться вверх, в начале такта сжатия. Это обеспечивает лучшее наполнение цилиндра горючей смесью. Таким же образом можно заранее, в конце рабочего хода, открыть выпускной клапан, поскольку поршень уже получил основную энергию от сгоревшего топлива. А также необходимо успеть очистить цилиндр от отработавших газов. Закрыть выпускной клапан лучше после того, как поршень пройдет ВМТ в конце такта выпуска, потому что продукты сгорания по инерции будут еще некоторое время выходить из цилиндра.

Другими словами, клапаны не должны открываться и закрываться в моменты нахождения поршней в соответствующих мертвых точках. В частности, в реальных двигателях существует момент времени, когда одновременно открыты впускной и выпускной клапаны (приблизительно 50° по углу поворота коленчатого вала). Моменты открытия и закрытия клапанов выраженные в градусах поворота коленчатого вала называют фазами газораспределения, а их графическое изображение носит название диаграммы фаз газораспределения (рис. 2.33). Угол на диаграмме, соответствующий периоду одновременного частичного открытия впускных и выпускных клапанов, называют углом перекрытия клапанов. Так как вре

ли перекрытия клапанов небольшое, то это не приводит к проникновению отработавших газов во впускной трубопровод, а наоборот, за счет инерции уходящего потока этих газов происходит дополнительный подсос горючей смеси в цилиндр и тем самым улучшается его наполнение.

При этом важно добиться, чтобы цилиндр очищался с максимально возможной степенью, но свежий заряд горючей смеси не уходил в выпускную трубу. У некоторых двигателей (особенно высокооборотных двигателей спортивных автомобилей) угол перекрытия клапанов может достигать большой величины, а если клапаны остаются открытыми на большую величину, когда поршень достигает ВМТ, может произойти удар клапанов в поршень, что приведет к аварии двигателя. Наличие перекрытия клапанов в НМТ (выпускной открывается раньше, чем поршень достигнет НМТ, а впускной позже) не представляет такой опасности, суммарный угол перекрытия всегда больше, чем в ВМТ, и часто бывает значительным, особенно в высокофорсированных двигателях.

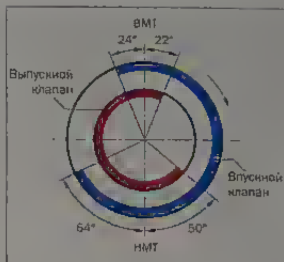


Рис. 2.33. **Диаграмма фаз газораспределения**

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СТЕПЕНИ ОТКРЫТИЯ КЛАПАНОВ

Выбор фаз газораспределения — один из инженерных компромиссов. Для того чтобы получить максимальную мощность при высокой частоте вращения коленчатого вала, необходимо обеспечить существенное перекрытие клапанов в районе ВМТ, потому что мощность в наибольшей степени зависит от максимально возможного количества горючей смеси, попадающей в цилиндр за короткое время, но чем выше частота вращения коленчатого вала, тем меньше отводимое на это время. С другой стороны, при малых оборотах, когда не требуется максимальная мощность, лучше, когда угол перекрытия близок к нулю. Небольшое или нулевое перекрытие клапанов заставляет двигатель более чутко реагировать на изменение положения педали «газа», что очень важно при движении автомобиля в транспортном потоке.

В начале 1990-х гг. появились двигатели с автоматическими устройствами для изменения фаз газораспределения. Обычно в приводном шкиве (или звездочке) распределительного вала впускных клапанов размещается специальное устройство, которое имеет гидравлический привод от смазочной системы двигателя и может поворачивать распределительный вал относительно приводной звездочки (шкива) и, следовательно, относительно коленчатого вала (рис. 2.34).



Рис. 2.34. **Схема работы механизма изменения фаз газораспределения: α — диапазон изменения фаз газораспределения**

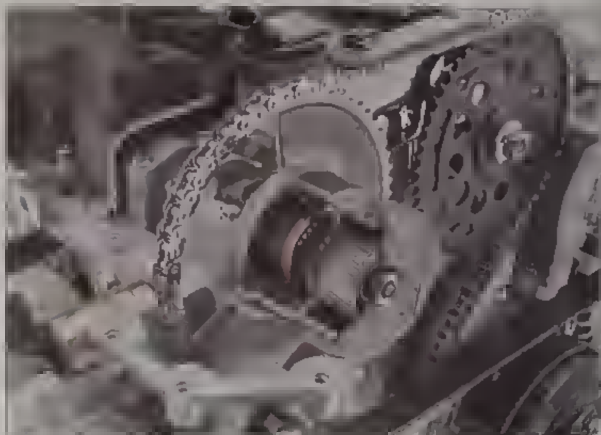


Рис. 2.35. Механизм изменения фаз газораспределения проворачивает распределительный вал относительно звездочки привода

При этом впускные клапаны могли открываться и закрываться раньше или позже. Изменение фаз открытия и закрытия впускных клапанов оказывает больший эффект, чем изменение аналогичных фаз выпускных клапанов. Первые устройства обеспечивали простое переключение в два положения, обеспечивая один угол перекрытия для малых оборотов двигателя, а другой — для высоких оборотов и нагрузки. Этого было достаточно для того, чтобы обеспечить хороший пуск, достаточный крутящий момент при сравнительно малых оборотах и нагрузках двигателя и возможность достижения большой мощности при высоких оборотах. Постепенно были разработаны устройства (рис. 2.35), которые могли изменять фазы газораспределения во всем диапазоне оборотов двигателя, а некоторые производители, такие как BMW, начали изменять фазы открытия-закрытия выпускных клапанов, в основном для того, чтобы снизить выбросы вредных веществ. Сегодня изменяемые фазы газораспределения VIVT (Variable Inlet Valve Timing) стали общепринятыми и появился целый ряд двигателей, оборудованных системой изменения фаз газораспределения во всем диапазоне.

В некоторых ГРМ имеется возможность отключать один из впускных клапанов в каждом цилиндре. Такое устройство используется компанией Honda в высокофорсированном двигателе CVT. Здесь не обеспечивается полное отключение клапана, а происходит его открытие на небольшую величину в целях исключения возможности его прихвата к седлу.

Альтернативной разработкой, впервые использовавшейся фирмой Toyota, а сейчас широко применяемой в двигателях с двумя впускными клапанами на цилиндр, стало простое закрытие одного из впускных патрубков с помощью автоматически управляемой заслонки. Обычно два впускных патрубка имеют разную форму, один, который всегда остается открытым, имеет форму, которая обеспечивает турбулизацию горючей смеси в камере сгорания, чтобы создать хорошо перемешанный поток, необходимый работе двигателя на малых оборо

так, и другой, короткий прямой патрубок, открывающийся при высоких оборотах и нагрузке обеспечивает максимально возможное наполнение цилиндров (рис. 2.36). Двигатели, имеющие устройство такого типа, получили название двигателей с изменяемой длиной впускных трубопроводов. Более сложные системы могут постепенно и плавно изменять длину впускных трубопроводов. Такую систему применяют на некоторых двигателях BMW (рис. 2.37).

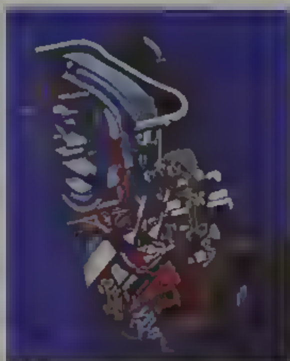


Рис. 2.36. **Схема механизма постоянного изменения длины впускного трубопровода двигателя Mercedes**

Перспективными конструкциями ГРМ являются механизмы без распределительного вала, в которых клапаны управляются индивидуальными устройствами с помощью электромагнитных соленоидов. Использование такой техники дает возможность индивидуального контроля за работой каждого клапана. При этом можно не только оптимально управлять временем открытия каждого клапана и обеспечивать получение максимальных мощности или крутящего момента, но и отключать некоторые цилиндры полностью или переводить их на малую нагрузку для более эффективной работы остальных цилиндров. Можно переводить двигатель в режим компрессора, разгружая, таким образом, тормоза, и, возможно, запасая часть энергии при спуске с возвышенности (рекуперация). Но главное преимущество этой системы заключается в том, что время и степень открытия клапанов в любой момент времени могут быть оптимальными для работы двигателя при данных условиях движения. Сегодня уже созданы такие экспериментальные системы (рис. 2.38) с хорошей эффективностью действия (уменьшение потребление топлива до 20 %). Кроме того, конструкция самого двигателя может быть упрощена, потому что обычный привод — цепи, зубчатые ремни, механизм натяжения, шестерни и кулачковые валы — становятся ненужными.



Рис. 2.37. **Устройство постоянного изменения длины впускного трубопровода двигателя V8 BMW**



Рис. 2.38. **Привод клапанов газораспределительного механизма с помощью соленоидов-электромагнитов (Renault)**

Препятствием на пути к широкому применению таких «бескулачковых» клапанных механизмов является большое потребление электроэнергии и большие габариты приводных устройств, получаемые при существующем 12-вольтовом электрооборудовании. Эти проблемы значительно уменьшаются в случае перехода к 36-вольтовому электрооборудованию

§ 10

СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА

Для того чтобы двигатель внутреннего сгорания работал надежно, его трущиеся детали должны быть разделены масляной пленкой. Смазочная система двигателя подводит масло к трущимся поверхностям, охлаждает нагретые детали, удаляет нагар и продукты изнашивания и способствует защите деталей от коррозии. При работе ДВС его детали подвергаются различным нагрузкам и находятся в различных тепловых условиях. Наибольшим нагрузкам подвергаются подшипники коленчатого вала, а детали поршневой группы работают при наиболее высокой температуре. В современных ДВС применяют комбинированные смазочные системы, в которых некоторые детали смазываются под давлением, создаваемым масляным насосом, а другие разбрызгиванием или самотеком.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАСЛА

Масла, применяемые в смазочной системе ДВС, называются моторными. Моторному маслу приходится работать в очень сложных условиях, и поэтому к нему предъявляются жесткие требования, часто противоречащие друг другу. Масло не должно быть очень густым, чтобы не создавать большого сопротивления движущимся деталям. С другой стороны, оно не должно становиться очень жидким и терять смазывающие свойства при нагревании. Масло, работающее в двигателе, подвергается воздействию агрессивных веществ, содержащихся в продуктах сгорания топлива, вспенивается и т. п.

Современные моторные масла изготавливаются на нефтяной или синтетической основе и содержат большое число добавок: улучшающих антифрикционные свойства, смывающих нагар, антиокислительных, антипенных, антикоррозионных и т. п. Моторные масла при длительной работе в смазочной системе ДВС теряют свои свойства и подлежат замене после определенного пробега автомобиля. Тип применяемого масла и сроки его замены указываются в инструкции по эксплуатации автомобиля. Качество моторных масел и конструкция двигателей улучшаются с каждым годом, поэтому в современных двигателях замена масла производится, как правило, реже, чем раньше.

УСТРОЙСТВО СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ

В типичной смазочной системе (рис. 2.39) масло заливается через маслозаливную горловину в поддон картера до определенного уровня. Уровень масла контролируется с помощью масломерного щупа, на котором нанесены две метки — максимального и минимального уровня. При работе двигателя масло засасывается из поддона двигателя масляным насосом через маслозаборник с сетчатым фильтром, предотвращающим попадание в насос крупных частиц. Из насоса масло под давлением подается в масляный фильтр, где

очищается от механических примесей и проходит в главную масляную магистраль — канал, просверленный в картере блока цилиндров. От главной масляной магистрали ответвляются каналы, по которым масло поступает к коренным подшипникам коленчатого вала, опорам распределительного вала и другим деталям. К шатунным шейкам коленча

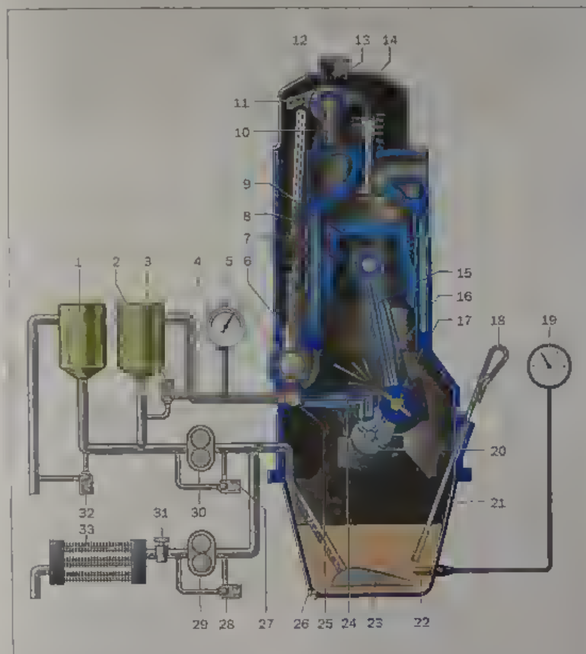


Рис. 2.39. **Принципиальная схема смазочной системы:** 1, 3 — фильтрующие элементы; 2, 27, 28, 32 — перепускные клапаны; 4 — манометр; 5 — распределительный вал; 6 — толкатель; 7 — штанга; 8 — поршень; 9 — распылитель; 10, 24 — сверление в блоке; 11, 14 — сверление в коромысле; 12 — полость оси коромысел; 13 — сетчатый фильтр; 15 — сверление в шатуне; 16 — распылитель в нижней головке шатуна; 17 — сверление в шейках коленчатого вала; 18 — щуп; 19 — термометр; 20 — коренной подшипник; 21 — поддон; 22 — температурный датчик; 23 — маслозаборник; 25 — главная масляная магистраль; 26 — сливная пробка; 29, 30 — масляный насос; 31 — кран; 33 — масляный радиатор

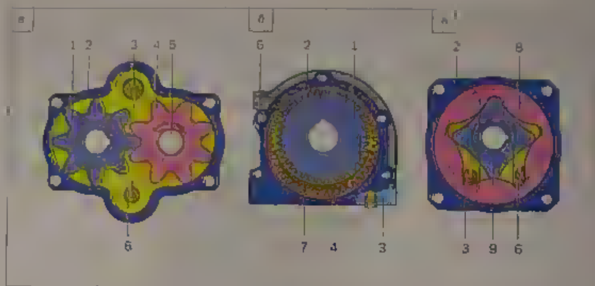


Рис. 2.40. **Схемы масляных насосов: а — шестеренный с наружным зацеплением; б — шестеренный с внутренним зацеплением; в — роторный;** 1 — ведущая шестерня, 2 — корпус насоса, 3 — всасывающий канал, 4 — ведомая шестерня; 5 — ось; 6 — нагнетательный канал; 7 — разделительный сектор; 8 — ведомый ротор; 9 — ведущий ротор

того вала масло поступает через отверстия, просверленные в коленчатом вале. В некоторых двигателях в нижней головке шатуна имеется канал, по которому масло подается для смазки поршневого пальца. Для подачи масла на рабочую поверхность цилиндра иногда выполняют сверление в нижней головке шатуна, из которого, при совпадении отверстий в шатунной шейке и головке шатуна, масло попадает на зеркало цилиндра, а иногда для этого используются специальные форсунки.

Вытекающее через зазоры в подшипниках масло разбрызгивается движущимися деталями КШМ и ГРМ и в виде капель и масляного тумана попадает на другие детали механизмов двигателя. Из полости головки блока цилиндров под действием силы тяжести масло стекает обратно в поддон, смазывая при этом детали привода ГРМ.

Масляный насос (рис. 2.40) может приводиться в действие от коленчатого вала двигателя, распределительного вала или дополнительного приводного вала. Обычно применяют масляные насосы шестеренного типа с наружным или внутренним зацеплением шестерен. Насосы с внутренним зацеплением более компактны и приводятся непосредственно от коленчатого вала, поэтому они широко применяются в двигателях легковых автомобилей.

Шестеренные масляные насосы с увеличением частоты вращения могут создавать очень высокое давление и подавать больше масла, чем это необходимо для работы двигателя. Поэтому на выходе из насосов устанавливается редукционный клапан, который открывается, когда давление превышает заданную величину и перепускает масло обратно во впускную полость насоса.

Падение давления масла в смазочной системе может привести к быстрому выходу двигателя из строя, поэтому оно контролируется специальным датчиком, установленным в масляной магистрали. Электрический сигнал от датчика поступает к указателю давления масла, установленному на приборной панели, или к контрольной лампе аварийного давления. В некоторых двигателях сигнал от датчика давления используется электронным блоком управления, который может отключить двигатель в случае опасного снижения давления масла. В отдельных конструкциях применяют датчики и для контроля уровня масла в поддоне картера (рис. 2.41).



Рис. 2.41. В поддоне картера современного двигателя установлен датчик контроля уровня масла

В двигателях многих грузовых автомобилей используются двухсекционные масляные насосы для разделения потоков масла. Для охлаждения масла могут использоваться масляные радиаторы или водомасляные теплообменники. Масляный радиатор обдувается воздухом, который охлаждает протекающее через него масло; теплообменник отдает тепло от масла в охлаждающую жидкость. При включении масляного радиатора может произойти падение давления в основных магистралях смазочной системы. Чтобы этого не произошло, перед входом в радиатор устанавливают предохранительный клапан

Масляный фильтр (рис. 2.42) служит для очистки масла от твердых частиц продуктов изнашивания деталей двигателя, нагара и т. п. Загрязненное масло вызывает ускоренное изнашивание двигателя и засоряет каналы смазочной системы

Масляные фильтры называют полнопоточными, если через них проходит все масло, и неполнопоточными, если через них проходит только его часть. Неполнопоточные фильтры применяют как дополнительные к основным — полнопоточным для более тонкой очистки масла. Масляный фильтр может быть сменным, и его нужно заменять новым при каждой замене масла или иметь сменный только фильтрующий элемент. В большинстве двигателей легковых автомобилей применяют полнопоточные сменные фильтры (рис. 2.43), хотя встречаются конструкции, в которых заменяют только фильтрующий элемент



Рис. 2.42. Масляный фильтр со сменным фильтрующим элементом



Рис. 2.43. Сменный масляный фильтр

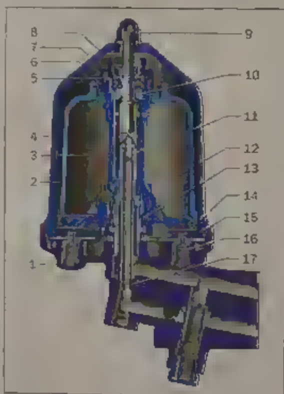


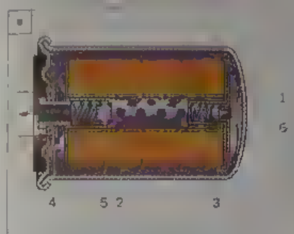
Рис. 2.44. **Конструкция центробежного масляного фильтра (центрифуги):** 1 — корпус; 2 — колпак ротора; 3 — ротор; 4 — колпак фильтра; 5 — гайка крепления колпака ротора; 6 — упорный шарикоподшипник; 7 — упорная шайба; 8 — гайка крепления ротора; 9 — гайка крепления колпака фильтра; 10 — верхняя втулка ротора; 11 — ось ротора; 12 — экран; 13 — нижняя втулка ротора; 14 — палец стопора; 15 — пластина стопора; 16 — пружина стопора; 17 — трубка отвода масла

В смазочных системах грузовых автомобилей часто применяют по два фильтра: один полнопоточный со сменным фильтрующим элементом, второй — неполнопоточный центробежный (центрифуга) (рис. 2.44).

Центробежный фильтр (центрифуга) приводится в действие за счет реактивных сил масла, вытекающего под давлением из специальных сопел (жиклеров), направленных в разные стороны. Вращающийся с большой скоростью вместе с соплами колпак, находящийся внутри корпуса фильтра, заполнен маслом, из которого за счет центробежных сил удаляются твердые частицы, которые оседают на внутренней поверхности колпака. Центробежные фильтры очень хорошо очищают масло, но только по массовому признаку. Например, частицы сажи ими улавливаются плохо, т. к. массы сажи и масла близки по величине.

Фильтрующие элементы полнопоточных фильтров (рис. 2.45) изготавливают из пористого материала (бумаги, пористого картона, синтетических материалов). В случае засорения пор фильтрующего элемента его пропускная способность ухудшается. Для того чтобы в главной масляной магистрали не произошло падения давления масла, внутри фильтра имеется перепускной клапан. Перепускной клапан открывается при определенном значении давления внутри фильтра и обеспечивает проход масла в двигатель, минуя фильтрующий элемент.

Следует отметить, что лучше подавать в двигатель неочищенное масло, чем допустить падение давления в системе смазки. Перепускной клапан может открываться также в случае чрезмерного загустевания масла при холодном пуске двигателя. Имеются конструкции фильтров, в которых установлены два перепускных клапана. Иногда используются специальные датчики, сигнализирующие о засорении масляного фильтра. Дренажный клапан, установленный на входе в фильтр, препятствует вытеканию масла из фильтра после остановки двигателя, чтобы при последующем пуске не терялось время на заполнение корпуса фильтра и двигатель не испытывал масляного голодания.



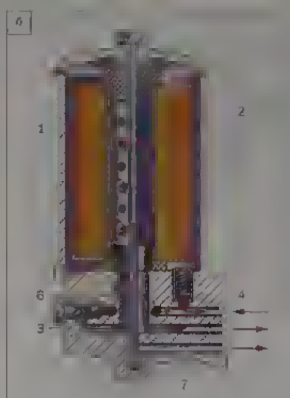
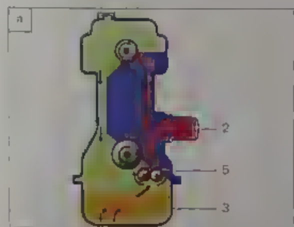


Рис. 2.45. **Устройство неразборного (а) и разборного (б) полнопоточного объемно-адсорбирующего масляного фильтра:** 1 — корпус; 2 — штора (фильтрующий элемент); 3 — перепускной клапан; 4 — противодренажный клапан; 5 — противосливной клапан; 6 — путь масла при открытии перепускного клапана; 7 — канал слива масла в картер при замене фильтрующего элемента

СИСТЕМЫ СМАЗКИ С СУХИМ КАРТЕРОМ

В некоторых высокофорсированных двигателях спортивных автомобилей, а также тракторов и специальных автомобилей, применяются системы смазки с сухим картером (рис. 2.46). Использование таких систем гарантирует, что при резких маневрах на большой скорости или на клонах транспортного средства масло не переместится к одной из его стенок и маслозаборник не окажется выше уровня масла. Стекающее в поддон масло в двигателях с сухим картером постоянно выкачивается дополнительным масляным насосом в специальный масляный бак. Из этого бака масло затем подается под давлением в систему смазки двигателя.



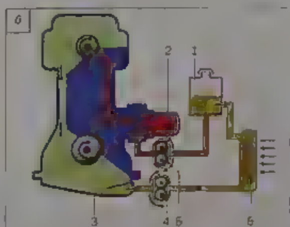


Рис. 2.46. **Системы смазки обычная (а) и с сухим картером (б):** 1 — емкость для масла (масляный бак); 2 — масляный фильтр; 3 — поддон картера; 4 — отсасывающий масляный насос; 5 — масляный насос; 6 — масляный радиатор



Рис. 2.47. **Схема принудительной системы вентиляции картера:** 1, 2, 5 — вытяжные шланги; 3 — карбюратор, 4 — воздушный фильтр; 6 — сетка маслоотделителя; 7 — корпус маслоотделителя

При работе двигателя через поршневые кольца прорываются газы и попадают в картер двигателя, поэтому эти газы называются — картерными. Они состоят из продуктов сгорания и частиц несгоревшего топлива. Соединяясь с парами воды, имеющимися в воздухе, картерные газы образуют агрессивные кислоты, которые вызывают коррозию деталей двигателя, вступают в реакцию с маслом и ухудшают его свойства. Кроме того, прорвавшиеся газы повышают давление в картере, что может привести к нарушению уплотнений и выдавливанию масла из двигателя. Для удаления этих газов служит система вентиляции картера.

Самым простым способом вентиляции картера является удаление газов в атмосферу — так называемая открытая система. На автомобилях ее широко применяли в прежние годы, но т. к. картерные газы являются очень токсичными, то в современных двигателях применяют только закрытые принудительные системы вентиляции картера (рис. 2.47). В этих системах картерные газы направляются в камеры сгорания, через впускной трубопровод.

§ 11

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

Во время работы двигателя внутреннего сгорания происходит большое выделение тепла (температура газов в камере сгорания в момент воспламенения смеси доходит до 2 500 °С). В процессе сгорания происходит интенсивный нагрев цилиндров, поршней, головки блока и других деталей. На нагрев деталей двигателя расходуется около 20–35 % энергии, выделяющейся при сгорании топлива. Перегрев вызывает снижение мощности двигателя, большое температурное расширение металлических деталей, масло на многих движущихся деталях двигателя выгорает, что может привести к заклиниванию поршней в цилиндрах, обгоранию клапанов, выплавлению подшипников и последующей аварии двигателя, поэтому излишки тепла нужно принудительно отводить от нагретых деталей — другими словами двигатель нужно охлаждать. При охлаждении двигателя необходимо учитывать, что при изменении режимов его работы частоты вращения и нагрузки происходит изменение интенсивности нагрева. Чрезмерное переохлаждение двигателя также нежелательно, потому что это приводит

и ухудшению топливной экономичности и повышенному износу движущихся деталей двигателя из-за того, что присадки в масле «работают» только при достижении определенной температуры. Следовательно, двигатель должен иметь систему охлаждения, которая бы поддерживала оптимальный тепловой режим.

Тепло от нагретых частей двигателя можно принудительно отводить потоком воздуха или жидкости. Существуют две системы охлаждения ДВС: воздушная и жидкостная. Воздушная система охлаждения успешно применяется в двигателях мопедов, мотоциклов, газонокосилок и сравнительно маломощных двигателях автомобилей. Двигатели с воздушной системой охлаждения легче, компактнее и проще в обслуживании.

На автомобилях наибольшее распространение получили системы жидкостного охлаждения (рис. 2.18). По сравнению с системами воздушного охлаждения, они обеспечивают более равномерное и эффективное охлаждение и являются менее шумными. Кроме того, жидкостная система охлаждения дает возможность создать простую и эффективную систему отопления салона (кабины) автомобиля. В современных двигателях с жидкостной системой охлаждения применяются антифризы — жидкости с низкой температурой замерзания. Большинство антифризов представляет собой смесь воды с этиленгликолем. Кроме этих двух составляющих, в состав антифриза входят различные присадки: антикоррозионные, антипенные и др.

Блок цилиндров и головка блока двигателя с жидкостной системой охлаждения имеют каналы для прохода охлаждающей жидкости. Такой канал называется рубашкой охлаждения.

Рубашка охлаждения соединяется эластичными патрубками с радиатором, который служит для охлаждения нагретой жидкости и является теплообменником. В нем тепло от жидкости передается воздуху, проходящему через сердцевину радиатора. Рубашка охлаждения и радиатор заполняются охлаждающей жидкостью через заливную горловину, закрывающуюся пробкой. В пробке имеются специальные клапаны, через которые система охлаждения сообщается с атмосферой. Такая система называется закрытой. В закрытой системе охлаждения поддерживается избыточное давление (до 100 кПа). Оптимальным температурным режимом двигателя является такой, при котором температура охлаждающей жидкости находится в пределах 80–110 °С. Повышенное давление в системе охлаждения поднимает температуру кипения до 120 °С, вследствие чего происходит меньшее выкипание жидкости.

Антифризы меняют свой объем при изменении температуры: при нагревании объем увеличивается, а при охлаждении уменьшается. Для компенсации температурного изменения объема служит расширительный бачок, подключаемый к системе охлаждения.

При работе двигателя охлаждающая жидкость принудительно циркулирует в системе охлаждения с помощью насоса, который приводится в действие от коленчатого вала или от электродвигателя. Охлаждающая жидкость соприкасается с нагретыми стенками цилиндров и головками блока, после чего поступает в радиатор. Движение воздуха через радиатор обеспечивается встречным напором при движении автомобиля и принудительно с помощью вентилятора.

Для того чтобы система охлаждения обеспечивала оптимальный температурный режим и быстрый прогрев двигателя после пуска, в контур циркуляции жидкости включают специальное устройство — термостат. В термостате имеется клапан, управляемый термочувствительным элементом.

Пока жидкость в системе охлаждения холодная, клапан термостата закрыт и жидкость циркулирует по так называемому малому кругу циркуляции — от насоса по рубашке охлаждения, минуя радиатор. Поскольку жидкость не попадает в радиатор и не охлаждается в нем, она быстро нагревается. Когда температура жидкости поднимается до оптимальной, клапан термостата открывается и жидкость начинает проходить через радиатор и охлаждаться в нем (большой круг циркуляции). Проходное сечение термостата изменяется при изменении температуры, и это дает возможность в определенных пределах автоматически регулировать температурный режим двигателя.



Рис. 2.48. **Схема жидкостной системы охлаждения двигателей ЗМЗ-402 и УМЗ-4215:** I — с одним отопителем; II — с двумя отопителями и электронасосом (для фургонов с двумя рядами сидений и автобусов): 1 — расширительный бачок; 2 — термостат; 3 — датчик указателя температуры охлаждающей жидкости; 4 — радиатор; 5 — сливная пробка (кран) радиатора; 6 — вентилятор, 7 — ремень привода вентилятора; 8 — ремень привода насоса охлаждающей жидкости; 9 — насос охлаждающей жидкости, 10 — сливной кран блока цилиндров; 12 — электронасос системы отопления; 11; 13 — кран отопителя; 14 — радиатор дополнительного отопителя, 15, 16 — радиатор основного отопителя; 17 — основной клапан термостата, 18 — байпасный клапан

Радиатор состоит из двух бачков, между которыми находятся соединительные трубки. Бачки могут изготавливаться из цветного сплава или из пластмассы. Они располагаются сверху и снизу радиатора или по его бокам (рис. 2.49).

Для того чтобы радиатор эффективно отдавал тепло, необходимо выполнение двух условий: трубки радиатора должны быть выполнены из материала, который имеет хорошую теплопроводность, и радиатор должен иметь достаточную площадь поверхности. Раньше радиаторы изготавливали из меди и сплавов на ее основе, т. к. медь имеет высокую теплопроводность и коррозионную стойкость. Трубки, которые, как правило, имели плоскую форму, припаивались к бачкам. Для увеличения теплоотдачи (увеличения площади поверхности) между трубками устанавливались гофрированные металлические ленты.

Современные радиаторы, как правило, изготавливают из алюминиевых сплавов с пластмассовыми бачками, которые прижаты к трубкам радиатора через резиновые прокладки. Такие радиаторы дешевле, легче, технологичнее в производстве, но плохо ремонтируются в случае повреждения.

Заливная горловина системы охлаждения, которая может располагаться на радиаторе или расширительном бачке, закрывается **пробкой** с двумя клапанами: паровым и воздушным (рис. 2.50).

Паровой клапан, прижимаемый к седлу горловины пружиной, предохраняет систему от повреждения в случае чрезмерного повышения давления. Если охлаждающая жидкость перегревается и закипает, то за счет избыточного давления преодолевается сопротивление пружины клапана, клапан открывается и пар выходит наружу. При охлаждении двигателя давление внутри системы может упасть ниже атмосферного, что может привести к повреждению тонких трубок радиатора. В этом случае открывается воздушный клапан пробки и в систему поступает воздух из атмосферы.

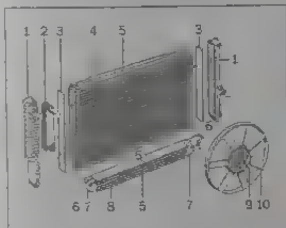


Рис. 2.49. **Радиатор системы охлаждения двигателя легкового автомобиля с автоматической коробкой передач:** 1 — бачок радиатора; 2 — охладитель жидкости автоматической трансмиссии; 3 — прокладка; 4 — радиатор системы охлаждения; 5 — боковая соединительная скоба; 6 — основание каркаса; 7 — бачок масляного радиатора; 8 — масляный радиатор; 9 — муфта VISCO; 10 — вентилятор

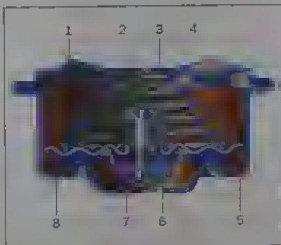


Рис. 2.50. **Устройство пробки радиатора системы охлаждения:** 1 — крышка; 2 — пружина впускного клапана; 3 — стержень впускного клапана; 4 — пружина выпускного клапана; 5 — тарелка пружины выпускного клапана; 6 — выпускной клапан; 7 — впускной клапан; 8 — корпус пробки



Рис. 2.51. **Центробежный насос системы охлаждения четырехцилиндрового двигателя Valvetronic BMW объединен в один узел с насосом гидроусилителя и корпусом термостата**

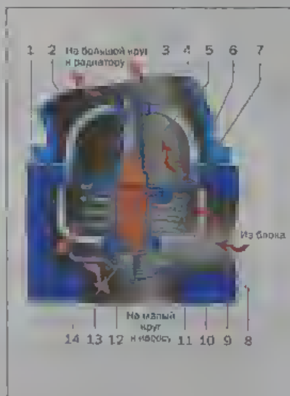


Рис. 2.52. **Устройство термостата с твердым наполнителем:** 1 — нижняя рамка; 2 — верхняя рамка; 3 — регулировочный винт; 4 — шток; 5 — резиновая буфер-мембрана; 6 — седло основного клапана; 7 — основной клапан; 8 — пружина; 9 — капсула; 10 — направляющее кольцо; 11 — перепускной клапан; 12 — упругое кольцо; 13 — подвижная пружина; 14 — седло перепускного клапана

Для обеспечения интенсивной циркуляции охлаждающей жидкости в системе используется **насос** центробежного типа (рис. 2.51). Основу насоса составляет крыльчатка, установленная на валу, который вращается в подшипниках и приводится в действие от коленчатого вала двигателя или от электродвигателя. Крыльчатка вращается в полости, имеющей каналы для подвода и отвода жидкости. В центробежных насосах жидкость подводится к центру крыльчатки, переносится лопастями по окружности и отбрасывается центробежной силой наружу.

Особое внимание в конструкции жидкостных насосов уделяется уплотнению и герметизации, чтобы жидкость не могла вытечь из системы или повредить подшипники.

Термостат (рис. 2.52) способствует ускорению прогрева двигателя и регулирует количество охлаждающей жидкости, проходящей через радиатор. Термостат устанавливается в патрубке или канале, соединяющем радиатор с рубашкой охлаждения.

Внутри термостата закреплен металлический баллон с твердым наполнителем — церезином (кристаллический воск) и медными опилками. Баллон герметично закрыт резиновой мембраной. При нагревании церезин расплавляется и увеличивает свой объем, (медные опилки нужны для лучшей теплопроводности). Мембрана прогибается и перемещает шток, управляющий клапаном термостата. Когда двигатель холодный, клапан термостата закрыт. При нагревании охлаждающей жидкости до температуры свыше 70 °С шток термочувствительного элемента начинает открывать клапан, позволяя части жидкости проходить в радиатор, а если температура поднимается выше 80 °С, клапан открывается полностью, и вся жидкость начинает циркулировать по большому кругу.

Вентилятор служит для повышения скорости прохождения воздуха через радиатор с целью улучшения охлаждения. Вентилятор обычно располагают за радиатором в специальном направляющем кожухе. Вентиляторы системы охлаждения могут иметь различный привод. Самый простой привод — постоянный, с помощью ременной или другой передачи от коленчатого вала двигателя, но в

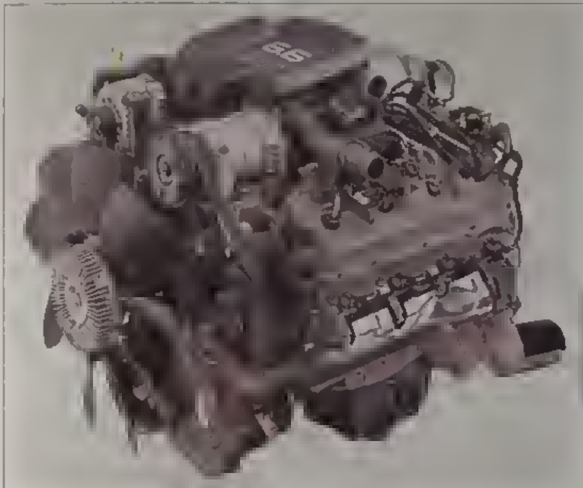


Рис. 2.53. Привод вентилятора дизеля V8 Duramax производства GM осуществляется с помощью вязкостной муфты

кой способ — самый неэффективный. Любой вентилятор забирает часть мощности двигателя, и поэтому, если температура охлаждающей жидкости не превышает оптимального значения, вентилятор можно отключить.

В современных автомобилях широко применяются вентиляторы с электроприводом. Электродвигатель такого вентилятора включается только в том случае, если электрический датчик температуры, установленный в системе охлаждения, сигнализирует о превышении температуры выше определенного значения. В наиболее совершенных системах охлаждения работой вентилятора управляет процессор, который не только дает команду на включение-выключение вентилятора, но и регулирует частоту его вращения в зависимости от режима работы.

В системах охлаждения большого числа двигателей современных легковых автомобилей используются вентиляторы с вязкостной муфтой (рис. 2.53).

Ступица такого вентилятора имеет постоянный привод от вала двигателя, а лопасти соединяются со ступицей через муфту, внутри которой находится специальная жидкость, которая увеличивает свою вязкость при увеличении температуры. Если воздух, проходящий через радиатор, имеет низкую температуру, между ступицей и лопастями нет жесткой связи. По мере нагревания воздуха вязкость жидкости повышается и муфта начинает блокироваться, а при температуре воздуха 80 °С происходит полная блокировка муфты и лопасти вентилятора вращаются с максимальной частотой при данных оборотах коленчатого вала

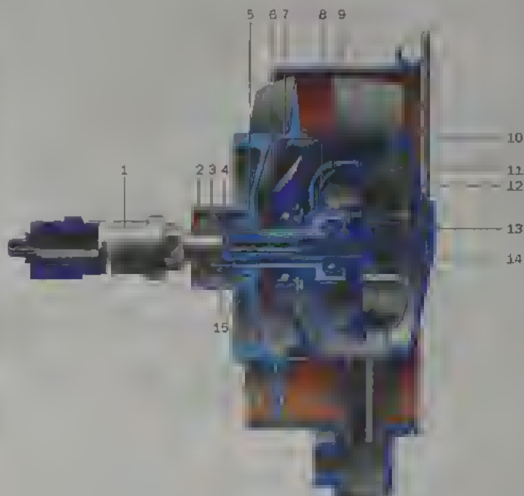


Рис. 2.54. **Установка гидравлической муфты в приводе вентилятора**: 1 — вал привода вентилятора; 2, 6 — сальники (манжеты); 3 — гайка вала; 4 — стопорная шайба; 5 — втулка сальника; 7 — рабочее колесо; 8 — гидромуфта; 9 — корпус вентилятора; 10 — крышка; 11 — уплотнительное кольцо; 12 — корпус центрифуги; 13 — шайба; 14 — маслопроводный болт; 15 — подшипник скольжения

В конструкциях некоторых двигателей для привода вентилятора используются более сложные, гидравлические, муфты (рис. 2.54), которые изменяют скорость вращения вентилятора системы охлаждения в зависимости от температурного режима двигателя путем изменения количества масла внутри муфты.

Температурный режим ДВС оказывает большое влияние на расход топлива и токсичность отработавших газов, поэтому совершенству системы охлаждения современных двигателей уделяется большое внимание. В некоторых конструкциях используются дополнительные насосы охлаждающей жидкости с электроприводом. Все больше появляется автомобилей, температурным режимом двигателей которых управляют компьютеры. В двигателе автомобиля New Range Rover, например, используется термостат, соединенный с электронным блоком управления двигателем. Компьютер анализирует сигналы, поступающие от температурных датчиков, установленных в радиаторе и рубашке охлаждения, и управляет специальным нагревателем в термостате, который ускоряет его срабатывание.

Очень неблагоприятным для долговечности двигателя режимом является его пуск при отрицательных температурах. Для обеспечения подогрева двигателя используют предпусковые подогреватели. В таких подогревателях используются специальные котлы, соединенные с рубашкой системы охлаждения. Жидкость нагревается при сгорании автомобильного топлива в камере сгорания котла. Наиболее совершенные предпусковые подогреватели работают автоматически, а водителю достаточно установить с помощью таймера время включения подогревателя.

В некоторых странах с холодным климатом широко используется подогрев жидкости в системе охлаждения двигателя с помощью небольших термоэлектрических нагревателей (ТЭНов), вмонтированных в рубашку охлаждения. При постановке автомобиля на длительную стоянку в холодное время года водители подключают такие нагреватели к электророзеткам, имеющимся в гаражах или на автомобильных стоянках.

§ 12

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ТОПЛИВО

Топливом для двигателей с искровым зажиганием обычно служит бензин. Одной из наиболее важных характеристик бензина является октановое число, которое указывает на способность топлива сопротивляться детонации — сгоранию с очень высокой скоростью, приводящей к резкому повышению температуры и давления, что может привести к разрушению деталей двигателя. Октановым числом называется процентное содержание изооктана в его смеси с нормальным гептаном, когда эта смесь имеет ту же детонационную стойкость, что и данное топливо. Октановое число может различаться в зависимости от того, какой метод использовался для его измерения. Существует два метода: исследовательский и моторный. Октановое число, полученное исследовательским методом, обычно характеризует способность топлива сопротивляться детонации при разгоне, а моторным методом — сопротивление детонации при постоянной высокой скорости и нагрузках. Независимо от того, каким способом определено октановое число, оно может быть увеличено применением различных добавок к топливу. В течение многих лет с этой целью использовались добавки, содержащие свинец. Сейчас они запрещены, не только из-за того, что свинец отравляет атмосферу, но и в связи с тем, что наличие свинца в топливе выводит из строя каталитические нейтрализаторы (устройства для снижения вредных компонентов в отработавших газах, о которых будет рассказано ниже). Этилированный бензин (с добавками свинца) сейчас запрещен к применению в большинстве стран. Соответствующее октановое число вплоть до 98 (по исследовательскому методу) обеспечивается применением специальных топливных присадок.

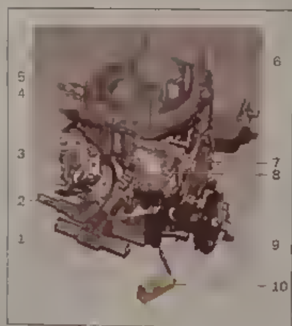
Бензин не единственное топливо, которое может использоваться в двигателях с искровым зажиганием. Существует много альтернативных видов топлива: различные спирты (этанол и метанол), водород, углеводородные газы, такие как сжиженный нефтяной газ, смесь пропана и бутана и природный газ (метан). Ни один из этих видов топлива не может быть использован непосредственно, и любой из бензиновых двигателей требует модификации для их использования.

Для работы двигателя недостаточно подать в цилиндры топливо. Необходимо приготовить горючую смесь воздуха и паров топлива, которая должна быть гомогенной, т. е. хорошо перемешанной и иметь определенный состав, чтобы обеспечить наиболее эффективное сгорание.

Система питания бензинового ДВС с искровым зажиганием служит для приготовления горючей смеси и подачи ее в цилиндры двигателя и удаления из цилиндров отработавших газов.

Процесс приготовления горючей смеси называют карбюрацией. Долгое время в качестве основного устройства для приготовления смеси бензина и воздуха и подачи ее в цилиндры двигателя использовался агрегат, называемый карбюратором (рис. 2.55). В простейшем карбюраторе (рис. 2.56) топливо находится в поплавковой камере, где поддерживается постоянный уровень топлива. Поплавковая камера связана каналом со смесительной камерой карбюратора. В смесительной камере имеется диффузор — местное сужение камеры. Диффузор дает возможность увеличить скорость проходящего через смесительную камеру воздуха. В самую узкую часть диффузора выведен распылитель, соединенный каналом с поплавковой камерой. В нижней части смесительной камеры имеется дроссельная заслонка, которая поворачивается при нажатии водителем педали «газа».

Когда двигатель работает, через смеситель карбюратора проходит воздух. В диффузоре скорость воздуха увеличивается, а перед распылителем образуется разрежение, которое приводит к стеканию топлива в смесительную камеру, где оно смеши-



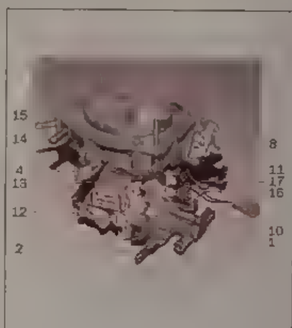


Рис. 2.55. **Внешний вид карбюратора:** 1 — блок подогрева зоны дроссельной заслонки; 2 — штуцер вентиляции картера двигателя; 3 — крышка ускорительного насоса; 4 — электромагнитный запорный клапан; 5 — крышка карбюратора; 6 — шпилька крепления воздушного фильтра; 7 — рычаг управления воздушной заслонкой; 8 — крышка пускового устройства; 9 — сектор рычага привода дроссельных заслонок; 10 — колодка провода датчика винта ЭПХХ; 11 — регулировочный винт количества смеси холостого хода; 12 — крышка экономайзера; 13 — корпус карбюратора; 14 — штуцер подачи топлива; 15 — штуцер отвода топлива; 16 — регулировочный винт качества смеси холостого хода (по стрелке); 17 — штуцер для подачи разрежения к вакуумному регулятору зажигания

вместе с воздухом. Таким образом, карбюратор, работающий по принципу пульверизатора, создает топливно-воздушную горючую смесь. Нажимая педаль «газа» водитель поворачивает дроссельную заслонку карбюратора, изменяет количество смеси, поступающей в цилиндры двигателя, а следовательно, его мощность и обороты.

Из-за того что бензин и воздух имеют различную плотность, при повороте дроссельной заслонки изменяется не только количество подаваемой в камеры сгорания горючей смеси, но и соотношение между количеством топлива и воздуха в ней.

Для полного сгорания одной весовой части бензина требуется 14,7–15,0 весовых частей воздуха (на самом деле, в процессе сгорания участвует кислород, содержащийся в воздухе). Состав горючей смеси принято оценивать с помощью коэффициента избытка воздуха — α (в зарубежной практике — λ).

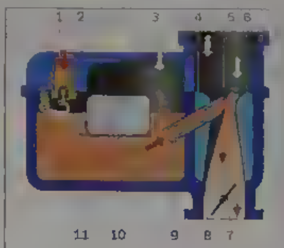


Рис. 2.56. **Принцип работы простейшего карбюратора:** 1 — топливопровод; 2 — игольчатый клапан; 3 — отверстие в крышке поплавковой камеры; 4 — распылитель; 5 — воздушная заслонка; 6 — диффузор; 7 — дроссельная заслонка; 8 — смесительная камера; 9 — топливный жиклер; 10 — поплавок; 11 — поплавковая камера

$$\alpha = \frac{\text{Действительное количество поступившего воздуха}}{\text{Теоретически необходимое для полного сгорания}}$$

Смесь с коэффициентом избытка воздуха, равным единице, называется стехиометрической, т. е. нормальной. Если α>1, т. е. воздуха в смеси больше, чем необходимо для полного сгорания топлива, смесь называют бедной. Если α<1 — смесь богатая. Чрезмерное переобеднение или переобогащение смеси приводит к плохому ее воспламенению от искры. На различных режимах работы двигателя требуется различный состав горючей смеси. На режимах средних нагрузок для снижения расхода топлива (на которых большую часть времени работает автомобильный двигатель) желательно обеспечить работу на обедненных смесях (на 1 весовую часть бензина приходится 15,0–16,5 частей воздуха). При пуске холодного двигателя необходимо обогащать смесь, поскольку конденсация топлива на холодных поверхностях камеры сгорания ухудшает пусковые свойства двигателя. Некоторое обогащение горючей смеси требуется при работе на холостом ходу, при необходимости получения максимальной мощности, резких ускорениях автомобиля.

По принципу своей работы простейший карбюратор по мере открытия дроссельной заслонки постоянно обогащает топливно-воздушную смесь, поэтому его невозможно использовать для реальных двигателей автомобилей. Для автомобильных двигателей используются карбюраторы, имеющие несколько специальных систем и устройств: систему пуска (воздушная заслонка), систему холостого хода, эконормайзер или эконостат, ускорительный насос и др.

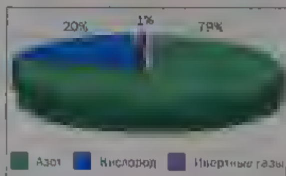


Рис. 2.57. **Состав воздуха**

По мере повышения требований к экономии топлива и снижению токсичности отработавших газов карбюраторы существенно усложнялись, в последних вариантах карбюраторов появились даже электронные устройства.

ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Теоретически, при сгорании углеводородного топлива выделяется конечный продукт в виде воды (из водорода) и двуокиси углерода (из углерода) и азота. В них нет ничего особенно вредного, хотя сейчас многие исследователи обеспокоены проблемой «теплового эффекта», обусловленной увеличением двуокиси углерода (CO_2) в атмосфере, который оказывает влияние на изменение климата в мире. На самом деле, ДВС выделяют следующие компоненты, которые загрязняют окружающую среду. Особо вредными загрязнителями для бензиновых двигателей признаны:

— окись углерода (CO);
— пары бензина и несгоревшие углеводороды (HC);
— оксиды азота (NO_x).

Окись углерода вызывает головную боль, нарушение зрения, слабость, а в больших концентрациях удушье, которое может привести к смерти. Углеводороды могут привести к серьезным воспалениям слизистых оболочек глаз, горла и носа. Оксиды азота вызывают воспаление легких и являются канцерогенами. Кроме того, оксиды азота соединяются в атмосфере с парами воды и образуют кислотные дожди. Выброс этих загрязнителей увеличивается вследствие неполного сгорания топлива. Выброс оксидов азота (NO_x) увеличивается при высокой температуре сгорания. Увеличение количества углеводородов (HC) происходит также за счет испарения топлива из бака и из-за конденсации бензина на стенках впускного коллектора.

Проблему загрязнения окружающей среды первой осознала общественность в Америке. В этой стране впервые в конце 60-х гг. были установлены нормы токсичности выбросов автомобилей: сначала в штате Калифорния, а затем и в других штатах. За США последовали Япония, Европа и другие страны. Сейчас практически все развитые страны имеют национальные стандарты, устанавливающие нормы токсичности выбросов автомобилей, и эти нормы постоянно пересматриваются с целью их ужесточения.

Дальнейшее ужесточение требований к содержанию вредных веществ в отработавших газах автомобильных двигателей привело к тому, что практически во всех странах карбюраторы уступили место системам впрыска.

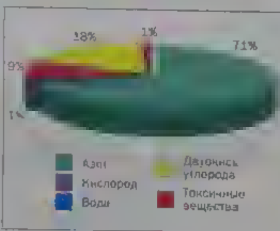


Рис. 2.58. **Состав отработавших газов**

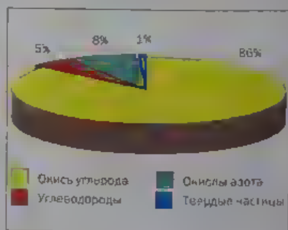


Рис. 2.59. **Состав токсичных веществ**

Таблица 2.60. Нормы предельной токсичности отработавших газов

Европейские и калифорнийские (LEV, ULEV, SULEV) стандарты

	Бензиновый двигатель			Дизель			
Нормы токсичности	CO	CH	NOx	CO	NOx	CH+NOx	Сажа
Евро III, с 2000 г		2,3	0,2	0,15	0,64	0,5–0,56	0,05
Евро IV, с 2005 г.		1,0	0,1	0,08	0,5	0,25–0,30	0.025
LEV 2 1	0.2	0,15					
ULEV 1,0	0.02	0,03					
SULEV, с 2004 г.		0,62	0,006	0,0125			0,006

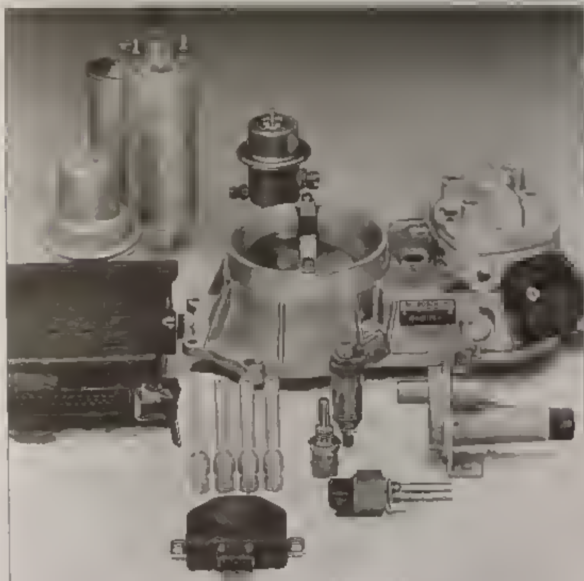


Рис. 2.61. **Механическая система впрыска. Компоненты системы впрыска KE - Jetronic Bosch**

§ 13

СИСТЕМЫ ВПРЫСКА БЕНЗИНА

Первые системы впрыска были механическими (рис. 2.61), а не электронными, и некоторые из них (например, высокоэффективная система BOSCH) были чрезвычайно остроумными и хорошо работали. Впервые же система механического впрыска топлива была разработана компанией Daimler Benz, а первый серийный автомобиль с впрыском бензина был выпущен еще в 1954 г. Основными преимуществами системы впрыска по сравнению с карбюраторными системами являются следующие:

— отсутствие дополнительного сопротивления потоку воздуха на впуске, имеющему место в карбюраторе, что обеспечивает повышение наполнения цилиндров и литровой мощности двигателя;
— более точное распределение топлива по отдельным цилиндрам;
— значительно более высокая степень оптимизации состава горючей смеси на всех режимах работы двигателя с учетом его состояния, что приводит к улучшению топливной экономичности и снижению токсичности отработавших газов.

Хотя в конце концов оказалось, что лучше для этой цели использовать электронику, которая дает возможность сделать систему компактнее, надежнее и более адаптируемой к требованиям различных двигателей. Некоторые из первых систем электронного впрыска представляли собой карбюратор, из которого удаляли все «пассивные» топливные системы и устанавливали одну или две форсунки. Такие системы получили название «центральный (одноточечный) впрыск» (рис. 2.62 и 2.64).



Рис. 2.62. **Агрегат центрального (одноточечного) впрыска**



Рис. 2.63. **Электронный блок управления четырехцилиндровым двигателем Valvetronic BMW**

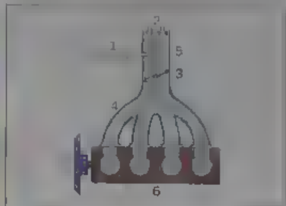


Рис. 2.64. **Схема системы центрального впрыска топлива:** 1 — подача топлива; 2 — поступление воздуха; 3 — дроссельная заслонка; 4 — впускной трубопровод, 5 — форсунка; 6 — двигатель

В настоящее время наибольшее распространение получили системы распределенного (многоточечного) электронного впрыска. На изучении этих систем питания необходимо остановиться более подробно.

СИСТЕМА ПИТАНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВПРЫСКОМ БЕНЗИНА (ТИПА MOTRONIC)

В системе центрального впрыска подача смеси и ее распределение по цилиндрам осуществляются внутри впускного коллектора (рис. 2.64).

Наиболее современная система распределенного впрыска топлива отличается тем, что во впускном тракте каждого цилиндра устанавливается отдельная форсунка, которая в определенный момент впрыскивает дозированную порцию бензина на впускной клапан соответствующего цилиндра. Бензин, поступивший в цилиндр, испаряется и перемешивается с воздухом, образуя горючую смесь. Двигатели с такими системами питания обладают лучшей топливной экономичностью и пониженным содержанием вредных веществ в отработавших газах по сравнению с карбюраторными двигателями.

Работой форсунок управляет электронный блок управления (ЭБУ) (рис. 2.63), представляющий собой специальный компьютер который получает и обрабатывает электрические сигналы от системы датчиков, сравнивает их показания со значениями, хранящимися в памяти компьютера, и выдает управляющие электрические сигналы на электромагнитные клапаны форсунок и другие исполнительные устройства. Кроме того, ЭБУ постоянно проводит диагностику

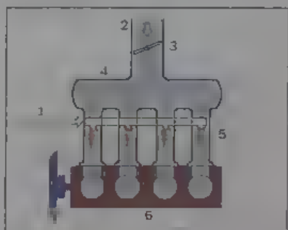


Рис. 2.65. **Схема системы распределенного впрыска топлива Motronic:** 1 — подача топлива, 2 — поступление воздуха, 3 — дроссельная заслонка; 4 — впускной трубопровод; 5 — форсунки; 6 — двигатель

системы впрыска топлива и при возникновении неполадок в работе предупреждает водителя с помощью контрольной лампы, установленной в щитке приборов. Серьезные неполадки записываются в памяти блока управления и могут быть считаны при проведении диагностики.

Система питания с распределенным впрыском имеет следующие составные части:
— система подачи и очистки топлива;
— система подачи и очистки воздуха;
— система улавливания и сжигания паров бензина;
— электронная часть с набором датчиков;
— система выпуска и дожигания отработавших газов.

Система подачи топлива состоит из топливного бака, электрического бензонасоса, топливного фильтра, трубопроводов и топливной рампы, на которой установлены форсунки и регулятор давления топлива.







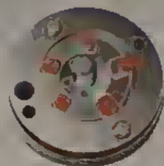






Рис. 2.66. Погружной электрический топливный насос: а — топливозаборник с насосом; б — внешний вид насоса и насосная секция роторного типа топливного насоса с электрическим приводом; в — шестеренчатая; г — роликовая; д — пластинчатая; е — схема работы насосной секции роторного типа: 1 — корпус; 2 — зона всасывания; 3 — ротор; 4 — зона нагнетания; 5 — направление вращения



Рис. 2.67. **Топливная рампа пятицилиндрового двигателя с установленными на ней форсунками, регулятором давления и штуцером для контроля давления**

Электробензонасос (обычно роликовый) может устанавливаться как внутри бензобака (рис. 2.66), так и снаружи. Бензонасос включается с помощью электромагнитного реле. Бензин засасывается насосом из бака и одновременно омывает и охлаждает электродвигатель насоса. На выходе из насоса имеется обратный клапан, который не позволяет топливу вытекать из напорной магистрали при выключенном бензонасосе. Для ограничения давления служит предохранительный клапан.

Поступающее от бензонасоса топливо, под давлением не менее 280 кПа проходит через топливный фильтр тонкой очистки и поступает к топливной рампе. Фильтр имеет металлический корпус, заполненный бумажным фильтрующим элементом.

Рампа (рис.2.67) представляет собой полую конструкцию, к которой крепятся форсунки и регулятор давления. Рампа крепится болтами к впускному трубопроводу двигателя. На рампе также устанавливается штуцер, который служит для контроля давления топлива. Штуцер закрыт резьбовой пробкой для предохранения от загрязнения.

Форсунка (рис. 2.68) имеет металлический корпус, внутри которого расположен электромагнитный клапан, состоящий из электрической обмотки, стального сердечника, пружины и запорной иглы. В верхней части форсунки расположен небольшой сетчатый фильтр, предохраняющий распылитель форсунки (имеющий очень маленькие отверстия) от загрязнения. Резиновые кольца обеспечивают необходимое уплотнение между рампой, форсункой и посадочным местом во впускном трубопроводе. Фиксация форсунки на рампе осуществляется с помощью специального зажима. На корпусе форсунки имеются электрические контакты для под-



Рис. 2.68. **Электромагнитные форсунки бензинового двигателя: слева — GM, справа — Bosch**

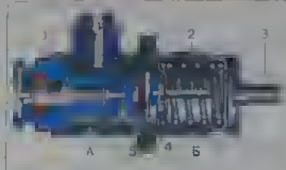


Рис. 2.69. Регулятор давления топлива: 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — патрубок для вакуумного шланга; 4 — мембрана; 5 — клапан; А — топливная полость, Б — вакуумная полость



Рис. 2.70. Пластмассовый впускной трубопровод с ресивером и дроссельным патрубком

ключения электрического разъема. Регулирование количества топлива, впрыскиваемого форсункой, осуществляется изменением длины электрического импульса, подаваемого на контакты форсунки.

Регулятор давления топлива (рис. 2.69) служит для изменения давления в рампе, в зависимости от разрежения во впускном трубопроводе. В стальном корпусе регулятора расположен подпружиненный игольчатый клапан, соединенный с диафрагмой. На диафрагму, с одной стороны воздействует давление топлива в рампе, а с другой разрежение во впускном трубопроводе. При увеличении разрежения, во время прикрытия дроссельной заслонки, клапан открывается, излишки топлива сливаются по сливному трубопроводу обратно в бак, а давление в рампе уменьшается.

В последнее время появились системы впрыска, в которых отсутствует регулятор давления топлива. Например, на рампе двигателя V8 автомобиля New Range Rover нет регулятора давления, и состав горючей смеси обеспечивается только работой форсунок, получающих сигналы от электронного блока.

Система подачи и очистки воздуха состоит из воздушного фильтра со сменным фильтрующим элементом, дроссельного патрубка с заслонкой и регулятором холостого хода, ресивера и впускного трубопровода (рис. 2.70).

Ресивер должен иметь достаточно большой объем, для того чтобы сглаживались пульсации поступающего в цилиндры двигателя воздуха.

Дроссельный патрубок закреплен на ресивере и служит для изменения количества воздуха, поступающего в цилиндры двигателя. Изменение количества воздуха осуществляется с помощью дроссельной заслонки, поворачиваемой в корпусе с помощью тросового привода от педали «газа». На дроссельном патрубке установлены датчики положения дроссельной заслонки и регулятор холостого хода. В дроссельном патрубке имеются отверстия для забора разрежения, которое используется системой улавливания паров бензина.

В последнее время конструкторы систем впрыска начинают применять электропривод управления, когда между педалью «газа» и дроссельной заслонкой нет механической связи (рис. 2.71). В таких конструкциях на педали «газа» устанавливаются датчики ее положения а дроссельная заслонка поворачивается шаговым электродвигателем с редуктором. Электродвигатель поворачивает заслонку по сигналам компьютера, управляющего работой двигателя. В таких конструкциях не только обеспечивается четкое выполнение команд водителя, но и имеется возможность влиять на работу двигателя, исправляя ошибки водителя, действием электронных систем поддержания устойчивости автомобиля и других современных электронных систем обеспечения безопасности.

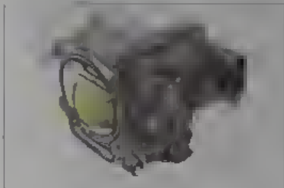


Рис. 2.71. **Дроссельная заслонка с электрическим приводом обеспечивает возможность управления двигателем по проводам**



Рис. 2.72. **Индуктивные датчики положения коленчатого и распределительного валов**

Датчик положения дроссельной заслонки представляет собой потенциометр, ползунок которого соединен с осью дроссельной заслонки. При повороте дросселя изменяется электрическое сопротивление датчика и напряжение его питания, которое является выходным сигналом для ЭБУ. В системах электропривода управления дроссельной заслонкой используется не меньше двух датчиков, чтобы компьютер мог определить направление перемещения заслонки.

Регулятор холостого хода служит для регулировки оборотов коленчатого вала двигателя на холостом ходу путем изменения количества воздуха, проходящего в обход закрытой дроссельной заслонки. Регулятор состоит из шагового электродвигателя, управляемого ЭБУ, и конусного клапана. В современных системах, имеющих более мощные компьютеры управления работой двигателя, обходятся без регуляторов холостого хода. Компьютер, анализируя сигналы от многочисленных датчиков, управляет длительностью поступающих к форсункам импульсов электрического тока и работой двигателя на всех режимах, в том числе и на холостом ходу.

Между воздушным фильтром и патрубком впускного трубопровода устанавливается **датчик массового расхода топлива**. Датчик изменяет частоту электрического сигнала, поступающего к ЭБУ, в зависимости от количества воздуха, проходящего через патрубок. От этого датчика поступает к ЭБУ и электрический сигнал, соответствующий температуре поступающего воздуха. В первых системах электронного впрыска использовались датчики, оценивающие объем поступающего воздуха. Во впускном патрубке устанавливалась заслонка, которая отклонялась на разную величину в зависимости от напора поступающего воздуха. С заслонкой был связан потенциометр, который изменял сопротивление в зависимости от величины поворота заслонки. Современные датчики массового расхода воздуха работают, используя принцип изменения электрического сопротивления нагретой проволочки или токопроводящей пленки при охлаждении ее поступающим потоком воздуха. Управляющий компьютер, получающий также сигналы от датчика температуры поступающего воздуха, может определить массу поступающего в двигатель воздуха.

Для корректного управления работой системы распределенного впрыска электронному блоку требуются сигналы и от других датчиков. К последним относятся: датчик температуры охлаждающей жидкости, датчики положения и частоты вращения коленчатого вала, датчик скорости автомобиля, датчик детонации, датчик концентрации кислорода (устанавливается в приемной трубе системы выпуска отработавших газов в варианте системы впрыска с обратной связью).

В качестве температурных датчиков в настоящее время в основном используются полупроводники, изменяющие электрическое сопротивление при изменении температуры. Датчики положения и скорости вращения коленчатого вала обычно выполняются индуктивного типа (рис. 2.72). Они выдают импульсы электрического тока при вращении маховика с метками на нем

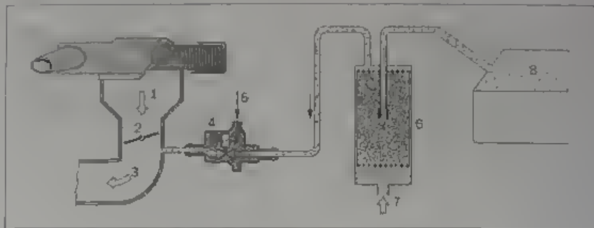


Рис. 2.73. **Схема работы адсорбера:** 1 — всасываемый воздух; 2 — дроссельная заслонка; 3 — впускной коллектор двигателя; 4 — клапан продувки сосуда с активированным углем; 5 — сигнал от ECU; 6 — сосуд с активированным углем; 7 — окружающий воздух; 8 — топливные пары в топливном баке

Система питания с распределенным впрыском может быть последовательной или параллельной. В параллельной системе впрыска, в зависимости от числа цилиндров двигателя, одновременно срабатывают несколько форсунок. В системе с последовательным впрыском в нужный момент времени срабатывает только одна, конкретная форсунка. Во втором случае ЭБУ должен получать информацию о моменте нахождения каждого поршня вблизи ВМТ в такте впуска. Для этого требуется не только датчик положения коленчатого вала, но и **датчик положения распределительного вала.** На современных автомобилях, как правило, устанавливаются двигатели с последовательным впрыском.

Для **улавливания паров бензина**, который испаряется из топливного бака, во всех системах впрыска используются специальные адсорберы с активированным углем (рис. 2.73). Активированный уголь, находящийся в специальной емкости, соединенной трубопроводом с топливным баком, хорошо поглощает пары бензина. Для удаления бензина из адсорбера последний продувается воздухом и соединяется с впускным трубопроводом двигателя. Для того чтобы работа двигателя при этом не нарушалась, продувка производится только на определенных режимах работы двигателя, с помощью специальных клапанов, которые открываются и закрываются по команде ЭБУ.

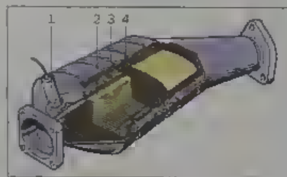


Рис. 2.74. **Двухслойный трехкомпонентный каталитический нейтрализатор отработавших газов:** 1 — датчик концентрации кислорода для замкнутого контура управления; 2 — монолитный блок-носитель; 3 — монтажный элемент в виде проволочной сетки; 4 — двухоболочковая теплоизоляция нейтрализатора

В системах впрыска с обратной связью используются **датчики концентрации кислорода** в отработавших газах, которые устанавливаются в выпускной системе с каталитическим нейтрализатором отработавших газов.

Каталитический нейтрализатор (рис. 2.74; 2.75) устанавливается в выпускной системе для уменьшения содержания вредных веществ в отработавших газах. Нейтрализатор содержит один восстановительный (родий) и два окислительных (платина и палладий) катализатора. Окислительные катализаторы способствуют окислению несгоревших углеводородов (CH) в водяной пар.



Рис. 2.75. **Внешний вид нейтрализатора**

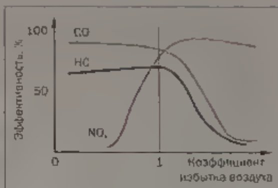


Рис. 2.76. **Зависимость эффективности действия нейтрализатора от коэффициента избытка воздуха**

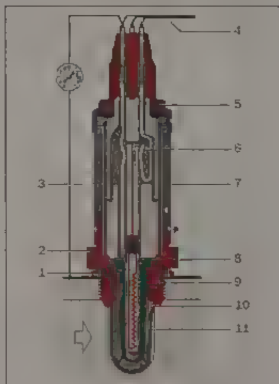


Рис. 2.77. **Устройство датчика концентрации кислорода:** 1 — уплотнительное кольцо; 2 — металлический корпус с резьбой и шестигранником «под ключ»; 3 — керамический изолятор; 4 — провода; 5 — уплотнительная манжета проводов; 6 — токоподводящий контакт провода питания нагревателя; 7 — наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха; 8 — токосъемник электрического сигнала; 9 — электрический нагреватель; 10 — керамический наконечник; 11 — защитный экран с отверстием для отработавших газов

а окиси углерода (CO) в углекислый газ. Восстановительный катализатор восстанавливает вредные оксиды азота NO_x в безвредный азот. Так как эти нейтрализаторы снижают в отработавших газах содержание трех вредных веществ, они называются трехкомпонентными.

Работа автомобильного двигателя на этилированном бензине приводит к выходу из строя дорогостоящего каталитического нейтрализатора. Поэтому в большинстве стран использование этилированного бензина запрещено.

Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор работает наиболее эффективно, если в двигатель подается смесь стехиометрического состава, т. е. при соотношении воздуха и топлива как 14,7:1 или коэффициенте избытка воздуха, равном единице. Если воздуха в смеси слишком мало (т. е. мало кислорода), тогда CH и CO не полностью окисляются (сгорят) до безопасного побочного продукта. Если же воздуха слишком много, то не может быть обеспечено разложение NO_x на кислород и азот. Поэтому появилось новое поколение двигателей, в которых состав смеси регулировался постоянно для получения точного соответствия коэффициента избытка воздуха $\alpha=1$ с помощью датчика концентрации кислорода (лямбда-зонда) (рис. 2.77), встраиваемого в выпускную систему.

Этот датчик определяет количество кислорода в отработавших газах, а его электрический сигнал использует ЭБУ, который соответственно изменяет количество впрыскиваемого топлива. Принцип действия датчика заключается в способности пропускать через себя ионы кислорода. Если содержание кислорода на активных поверхностях датчика (одна из которой контактирует с атмосферой, а другая с отработавшими газами) значительно отличается, происходит резкое изменение напряжения на выводах датчика. Иногда устанавливают два датчика концентрации кислорода: один — до нейтрализатора, а другой — после.

Для того чтобы катализатор и датчик концентрации кислорода могли эффективно работать, они должны быть прогреты до определенной температуры. Минимальная температура, при которой задерживается 90 % вредных веществ, составляет порядка 300 °С. Необходимо также избегать перегрева нейтрализатора, поскольку это может привести к повреждению наполнителя и частично блокировать проход для газов. Если двигатель начинает работать с перебоями, то несгоревшее топливо догорает в катализаторе, резко увеличивая его температуру. Иногда может быть достаточно нескольких минут работы двигателя с перебоями, чтобы полностью повредить нейтрализатор. Вот почему электронные системы современных двигателей должны выявлять пропуски в работе и предотвращать их, а также предупреждать водителя о серьезности этой проблемы. Иногда для ускорения прогрева каталитического нейтрализатора после пуска холодного двигателя применяют электрические нагреватели. Датчики концентрации кислорода, применяющиеся в настоящее время, практически все имеют нагревательные элементы.

В современных двигателях, с целью ограничения выбросов вредных веществ в атмосферу во время прогрева двигателя, предварительные каталитические нейтрализаторы устанавливают максимально близко к выпускному коллектору (рис. 2.78), чтобы обеспечить быстрый прогрев нейтрализатора до рабочей температуры. Кислородные датчики установлены до и после нейтрализатора.

Для улучшения экологических показателей работы двигателя необходимо не только совершенствовать нейтрализаторы отработавших газов, но и улучшать процессы, протекающие в двигателе. Содержание углеводородов стало возможным снизить за счет уменьшения «щелевых объемов», таких как зазор между поршнем и стенкой цилиндра над верхним компрессионным кольцом и полостей вокруг седел клапанов.

Тщательное исследование потоков горючей смеси внутри цилиндра с помощью компьютерной техники дало возможность обеспечить более полное сгорание и низкий уровень СО. Уровень NO_x был уменьшен с помощью системы рециркуляции отработавших газов путем забора части газа из выпускной системы и подачи его в поток воздуха на впуске. Эти меры и быстрый, точный контроль за работой двигателя на переходных режимах могут свести вредные выбросы к минимуму еще до катализатора. Для ускорения прогрева каталитического нейтрализатора и выхода его на рабочий режим используется также способ вторичной подачи воздуха в выпускной коллектор с помощью специального электроприводного насоса.

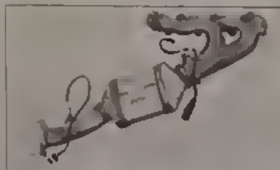


Рис. 2.78. Выпускной коллектор двигателя с предварительным нейтрализатором

Другим эффективным и распространенным способом нейтрализации вредных продуктов в отработавших газах является пламенное дожигание, которое основано на способности горючих составляющих отработавших газов (СО, СН, альдегиды) окисляться при высоких температурах. Отработавшие газы поступают в камеру дожигателя, имеющую эжектор, через который поступает нагретый воздух из теплообменника. Горение происходит в камере, а для воспламенения служит запальная свеча.

Первые системы впрыска бензина непосредственно в цилиндры двигателя появились еще в первой половине XX в. и использовались на авиационных двигателях. Попытки применения непосредственного впрыска в бензиновых двигателях автомобилей были прекращены в 40-е годы XIX в., потому что такие двигатели получались дорогостоящими, неэкономичными и сильно дымили на режимах большой мощности. Впрыскивание бензина непосредственно в цилиндры связано с определенными трудностями. Форсунки для непосредственного впрыска бензина работают в более сложных условиях, чем те, что установлены во впускном трубопроводе. Головка блока, в которую должны устанавливаться такие форсунки, получается более сложной и дорогой. Время, отводимое на процесс смесеобразования при непосредственном впрыске, существенно уменьшается, а значит, для хорошего смесеобразования необходимо подавать бензин под большим давлением.

Со всеми этими трудностями удалось справиться специалистам компании Mitsubishi, которая впервые применила систему непосредственного впрыска бензина на автомобильных двигателях. Первый серийный автомобиль Mitsubishi Galant с двигателем 1.8 GDI (Gasoline Direct Injection — непосредственный впрыск бензина) появился в 1996 г. (рис. 2.81). Сейчас двигатели с непосредственным впрыском бензина выпускают Peugeot-Citroen, Renault, Toyota, DaimlerChrysler и другие производители (рис. 2.79; 2.80; 2.84).

Преимущества системы непосредственного впрыска заключаются в основном в улучшении топливной экономичности, а также и некоторого повышения мощности. Первое объясняется способностью двигателя с системой непосредственного впрыска работать



Рис. 2.79. **Схема двигателя Volkswagen FSI с непосредственным впрыском бензина**

Рис. 2.80. **В 2000 г. компания PSA Peugeot-Citroën представила свой двухлитровый четырехцилиндровый двигатель HPI с непосредственным впрыском бензина, который мог работать на бедных смесях**

на очень бедных смесях. Повышение мощности обусловлено в основном тем, что организация процесса подачи топлива в цилиндры двигателя позволяет повысить степень сжатия до 12,5 (в обычных двигателях, работающих на бензине, редко удается установить степень сжатия свыше 10 из-за наступления детонации).

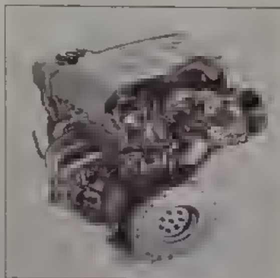


Рис. 2.81. **Двигатель Mitsubishi GDI — первый серийный двигатель с системой непосредственного впрыска бензина**

В двигателе GDI топливный насос обеспечивает давление 5 МПа. Электромагнитная форсунка, установленная в головке блока цилиндров, впрыскивает бензин непосредственно в цилиндр двигателя и может работать в двух режимах. В зависимости от подаваемого электрического сигнала она может впрыскивать топливо или мощным коническим факелом, или компактной струей (рис. 2.82). Днище поршня имеет специальную форму в виде сферической выемки (рис. 2.83). Такая форма позволяет закрутить поступающий воздух, направить впрыскиваемое топливо к свече зажигания, установленной по центру камеры сгорания. Впускной трубопровод расположен не сбоку, а вертикально сверху. Он не имеет резких изгибов, и поэтому воздух поступает с высокой скоростью.



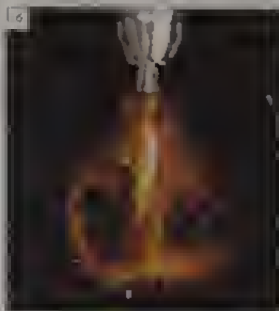


Рис. 2.82. **Форсунка двигателя GDI может работать в двух режимах, обеспечивая мощный (а) или компактный (б) факел распыленного бензина**

В работе двигателя с системой непосредственного впрыска можно выделить три различных режима:

1) режим работы на сверхбедных смесях;
2) режим работы на стехиометрической смеси;
3) режим резких ускорений с малых оборотов;

Первый режим используется в том случае, когда автомобиль движется без резких ускорений со скоростью порядка 100–120 км/ч. На этом режиме используется очень бедная горючая смесь с коэффициентом избытка воздуха более 2,7. В обычных условиях такая смесь не может воспламениться от искры, поэтому форсунка впрыскивает топливо компактным факелом в конце такта сжатия (как в дизеле). Сферическая выемка в поршне направляет струю топлива к электродам свечи зажигания, где высокая концентрация паров бензина обеспечивает возможность воспламенения смеси.

Второй режим используется при движении автомобиля с высокой скоростью и при резких ускорениях, когда необходимо получить высокую мощность. Такой режим движения требует стехиометрического состава смеси. Смесь такого состава легко воспламеняется, но у двигателя GDI повышена степень сжатия, и для того чтобы не наступала детонация, форсунка впрыскивает топливо мощным факелом. Мелко распыленное топливо заполняет цилиндр и, испаряясь, охлаждает поверхности цилиндра, снижая вероятность появления детонации.

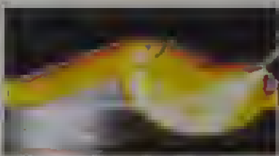


Рис. 2.83. **Поршень двигателя с непосредственным впрыском бензина имеет специальную форму (процесс сгорания над поршнем)**

Третий режим необходим для получения большого крутящего момента при резком нажатии педали «газа», когда двигатель работает на малых оборотах. Этот режим работы двигателя отличается тем, что в течение одного цикла форсунка срабатывает два раза. Во время такта впуска в цилиндр для

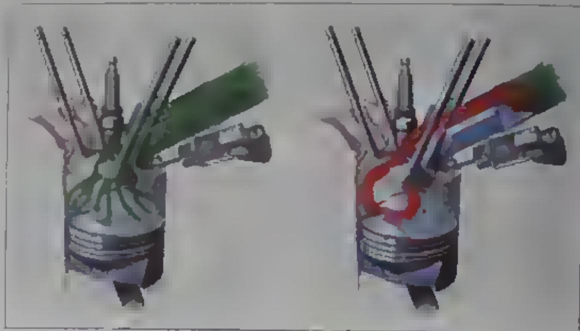


Рис. 2.84. **Конструктивные особенности двигателя с непосредственным впрыском бензина Audi 2.0 FSI**

его охлаждения мощным факелом впрыскивается сверхбедная смесь (α=4,1). В конце такта сжатия форсунка еще раз впрыскивает топливо, но компактным факелом. При этом смесь в цилиндре обогащается и детонация не наступает.

По сравнению с обычным двигателем с системой питания с распределенным впрыском бензина, двигатель с системой GDI примерно на 10 % экономичнее и выбрасывает в атмосферу на 20 % меньше углекислого газа. Повышение мощности двигателя доходит до 10 %. Однако, как показала эксплуатация автомобилей с двигателями такого типа, они очень чувствительны к содержанию серы в бензине.

Оригинальный процесс непосредственного впрыска бензина разработала компания Orbital. В этом процессе в цилиндры двигателя впрыскивается бензин, заранее смешанный с воздухом с помощью специальной форсунки. Форсунка компании Orbital состоит из двух жиклеров, топливного и воздушного.

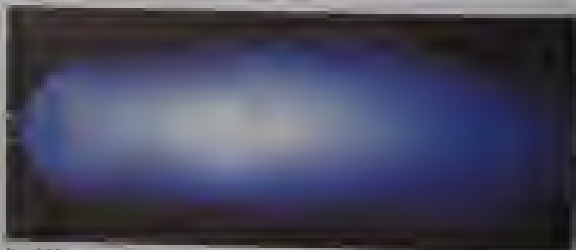


Рис. 2.85. **Работа форсунки Orbital**

Воздух с воздушным клапаном поступает в сжатом виде от специального компрессора при давлении 0,65 МПа. Давление топлива составляет 0,8 МПа. Сначала срабатывает топливный клапан, а затем в нужный момент и воздушный, поэтому в цилиндр мощным факелом впрыскивается топливно-воздушная смесь в виде аэрозоля (рис. 2.85).

Форсунки, установленные в головке цилиндра рядом со свечой зажигания, впрыскивают топливно-воздушную струю непосредственно на электроды свечи зажигания, что обеспечивает ее хорошее воспламенение.

§ 14

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ

Когда в 1897 г. Рудольф Дизель создал первый работоспособный двигатель, он не мог предвидеть, какие изменения претерпит его идея. Особенно большие изменения в системе питания дизелей произошли в последние годы, что сделало эти двигатели более пригодными для применения не только на грузовых, но и на современных легковых автомобилях. Более дешевое топливо, высокая экономичность дизельных двигателей, по сравнению с бензиновыми, всегда привлекали автомобилистов, но широкое применение дизелей сдерживалось присущими им недостатками — шумностью при работе, повышенным дымлением и сложностью пуска холодного двигателя. Современные конструкции дизелей в большинстве не имеют этих недостатков.

Система питания дизеля обеспечивает подачу очищенного дизельного топлива к цилиндрам, сжимает его до высокого давления, подает его в мелкораспыленном виде в камеру сгорания и смешивает с горячим (700–900 °С) от сжатия в цилиндрах (3–5 МПа) воздухом так, чтобы оно самовоспламенилось. После завершения рабочего хода необходимо очистить цилиндры от продуктов сгорания.

Дизельное топливо отличается от бензина более высокой плотностью и смазывающей способностью. Для оценки способности дизельного топлива к самовоспламенению служит цетановое число. Цетановым числом называется процентное содержание цетана в его смеси с альфа-метилнафталином, при условии что эта смесь обладает такой же задержкой воспламенения, что и данное топливо. Существующие дизельные топлива имеют цетановое число 45–50, причем для современных дизельных двигателей предпочтительнее более высокие числа.

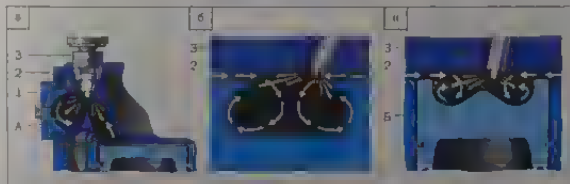


Рис. 2.86. **Варианты впрыска топлива в камеру сгорания дизеля. Разделенная (а) и неразделенные (б, в) камеры сгорания: а — вихревая (фирма «Перкинс»); б — дельтавидная (двигатель Д-245); в — тороидальная (двигатель КамАЗ);** 1 — вставка вихревой камеры; 2 — головка цилиндров; 3 — форсунка; А — полость вихревой камеры; Б — полость в поршне

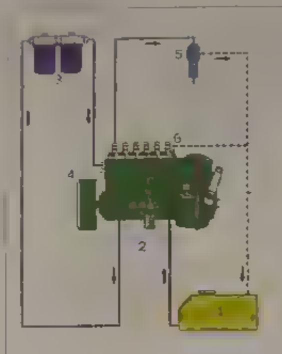


Рис. 2.87. **Схема системы питания дизеля:** 1 — топливный бак; 2 — подкачивающий насос; 3 — топливный фильтр; 4 — топливный насос высокого давления; 5 — форсунка; 6 — сливная магистраль

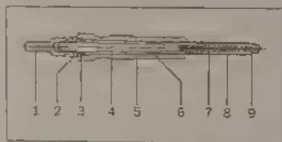


Рис. 2.88. **Свеча накаливания закрытого типа:** 1 — наконечник; 2 — изолирующая прокладка; 3 — двойное уплотнение; 4 — стержень; 5 — корпус; 6 — уплотнение защитной оболочки; 7 — нагревательная спираль; 8 — трубка; 9 — порошок

Существует два варианта процесса смесеобразования в дизелях, обусловленных формой камеры сгорания (рис. 2.86). В первом варианте топливо впрыскивается в предварительную камеру (предкамеру), а во втором варианте впрыск топлива осуществляется непосредственно в камеру сгорания, выполненную в поршне.

Двигатели, выполненные по первому варианту, называются дизелями с разделенной камерой сгорания и обозначаются IDI (In Direct Injection), а выполненные по второму варианту — дизелями с непосредственным впрыском — DI (Direct Injection). Дизели с разделенной камерой сгорания мягче работают и меньше шумят. Тем не менее двигатели с непосредственным впрыском все более широко используются на автомобилях, потому что их топливная экономичность примерно на 20 % выше.

Основной функциональной задачей систем питания двигателей обоих типов является подача точного количества топлива в соответствующий цилиндр и в точно определенное время. В высокооборотных дизелях легковых автомобилей процесс впрыска занимает всего тысячную долю секунды, и при этом впрыскивается только небольшая доза топлива.

В систему питания дизеля входят: топливный бак, топливные фильтры, подкачивающий насос, топливный насос высокого давления (ТНВД), трубопроводы, форсунки, воздушный фильтр и система выпуска отработавших газов (рис. 2.87).

Для облегчения пуска дизеля в холодное время часто применяются свечи накаливания (рис. 2.88), которые отличаются от искровых свечей зажигания тем, что они являются просто электрическими нагревателями и подогревают холодный воздух перед подачей его в цилиндры двигателя в процессе пуска.

Топливный бак должен удовлетворять требованиям безопасности. Топливо из бака поступает в нагнетательный трубопровод, а затем к топливному фильтру, с помощью подкачивающего насоса. Топливный фильтр должен очистить топливо от возможных загрязнений, чтобы механические примеси не попали в ТНВД и далее. К топливному баку присоединяется также сливной трубопровод, по которому в бак сливаются излишки топлива из ТНВД и форсунок.

Самым сложным и дорогим устройством системы питания дизеля является топливный насос высокого давления (ТНВД). При создании первых стационарных двигателей Рудольф Дизель выяснил, что для надежного самовоспламенения топлива оно должно подаваться в цилиндр под высоким давлением. В его конструкциях для этого использовался мощный и громоздкий

компрессор. В 20-е гг. Роберт Бош разработал компактный и надежный ТНВД. Первый серийный ТНВД для грузового автомобиля был выпущен фирмой Bosch еще в 1927 г., а в 1936 г. был налажен выпуск ТНВД для легковых автомобилей.

ТНВД не только создает давление топлива, но и распределяет его по форсункам соответствующих цилиндров в соответствии с порядком работы двигателя. Форсунки соединяются с ТНВД трубопроводами высокого давления. Форсунки входят своей нижней частью — распылителями — в камеры сгорания. Распылители имеют очень маленькие отверстия, необходимые для того, чтобы топливо поступало в камеру сгорания в мелко распыленном виде и легко воспламенялось.

Воздушный фильтр устанавливается на впускном трубопроводе двигателя и очищает поступающий в цилиндры воздух. Выпускная система содержит трубопроводы, глушитель и часто оборудуется каталитическими нейтрализаторами и другими устройствами для снижения количества вредных веществ в отработавших газах.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА

Момент подачи топлива и его количество до недавнего времени контролировались в дизелях механическим способом. Эти функции выполнялись ТНВД и форсунками.

ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Первые ТНВД были похожи на миниатюрные рядные двигатели. Кулачковый вал, приводившийся в действие от коленчатого вала двигателя, с числом выступов, соответствующих числу цилиндров, воздействовал на серию плунжерных пар (поршневых насосов высокого давления) (рис. 2.89). С 1960 г. дизели легковых автомобилей используют ТНВД роторного типа. Роторный ТНВД представляет собой устройство с вращающимся кулачковым валом, имеющим один выступ, который воздействует на плунжерные пары, расположенные радиально, число которых также соответствует числу цилиндров двигателя. Такие насосы называются распределительными. Они отличаются от рядных компактностью и меньшей себестоимостью в производстве. Механические устройства (а в последнее время электронные), встроенные в насос, регулируют момент впрыска, поворачивая вперед или назад кулачко

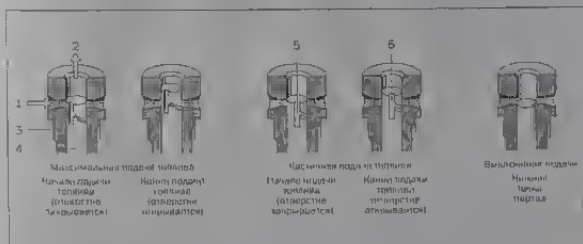


Рис. 2.89. **Регулирование подачи топлива в ТНВД с рядным расположением плунжерных пар:** 1 — из топливного канала; 2 — к форсунке; 3 — втулка; 4 — плунжер; 5 — нижняя регулирующая спиральная выемка; 6 — вертикальная канавка



Рис. 2.90. **Многоплунжерный ТНВД**

вый вал и подачу топлива, с помощью отсечных клапанов, сбрасывающих давление, когда впрыснуто достаточное количество топлива. Следует отметить, что начало впрыскивания должно быть точно установлено по времени, в пределах ±1° поворота коленчатого вала, с целью поддержания оптимального расхода топлива и токсичности отработавших газов

Плунжерная пара представляет собой поршень (плунжер) и цилиндр (втулка) небольшого размера. Плунжер и втулку изготавливают из высококачественной стали с высокой точностью и в процессе изготовления индивидуально притирают друг к другу, чтобы обеспечить минимальный зазор в сопряжении. Во втулке на разном уровне просверлены два отверстия. Через одно отверстие (впускное) топливо поступает, а через другое (выпускное) отводится. В многоплунжерном насосе число плунжерных пар равно числу цилиндров двигателя и каждая пара снабжает топливом определенный цилиндр (рис. 2.90).

Плунжерные пары установлены в корпусе ТНВД, в котором имеются каналы для подвода и отвода топлива. Каждый плунжер на боковой поверхности имеет специальную спиральную канавку — отсечную кромку. В нижней части корпуса ТНВД на подшипниках качения установлен кулачковый вал, который приводится от коленчатого вала двигателя. Все плунжеры

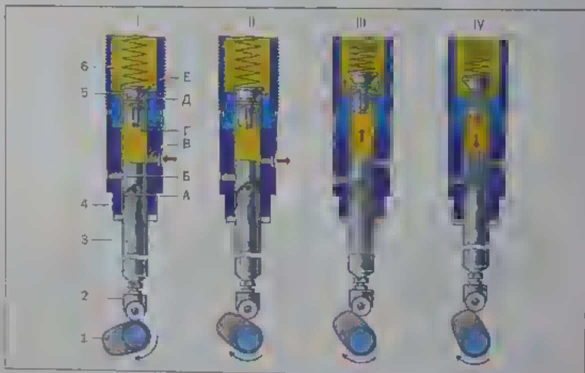


Рис. 2.91. **Схема работы плунжерной пары:** I — впуск топлива (наполнение); II — начало движения плунжера вверх, III — момент начала нагнетания; IV — момент отсечки подачи, А — отсечная кромка; Б — перепускное окно; В — впускное окно; Г — надплунжерное пространство; Д — разгрузочный поясок; Е — запорная часть клапана, 1 — кулачок; 2 — толкатель; 3 — плунжер; 4 — втулка плунжера; 5 — нагнетательный клапан; 6 — пружина клапана

с помощью пружин прижимаются к соответствующим кулачкам. При вращении кулачкового вала кулачки в определенной последовательности перемещают плунжеры внутри втулок. При движении плунжера вверх он сначала закрывает выпускное отверстие во втулке, а затем впускное (рис. 2.91).

Под давлением топлива открывается нагнетательный клапан, находящийся сверху гильзы, и топливо поступает через трубопроводы высокого давления к соответствующим форсункам (рис. 2.92).

Внутри форсунки расположена игла, которая сверху поджимается пружиной и закрывает топливу проход к отверстиям распылителя. Под действием давления топлива игла приподнимается, сжимая пружину, и топливо начинает впрыскиваться через распылитель в камеру сгорания. Процесс впрыскивания прекращается в момент, когда наклонная отсечной кромки плунжера совпадет с выпускным отверстием в гильзе. В этот момент происходит резкое падение давления топлива и игла форсунки закрывает распылитель, не допуская подтекания топлива.

Если поворачивать плунжер внутри гильзы, то из-за наклона отсечной кромки будет изменяться момент окончания подачи топлива, а следовательно, и количество этого топлива. Для поворота плунжеров на каждом из них закреплена шестерня, находящаяся в зацеплении с зубчатой рейкой. Рейка связана механическим приводом с педалью акселератора. Поэтому нажатие педали вызывает перемещение рейки, которая одновременно поворачивает все плунжеры и изменяет количество топлива, поступающего в цилиндры двигателя. Для того чтобы заглушить дизель, необходимо прекратить подачу топлива. В этом случае все плунжеры поворачиваются в положение, при котором отсечная кромка постоянно соединяется с выпускным отверстием.

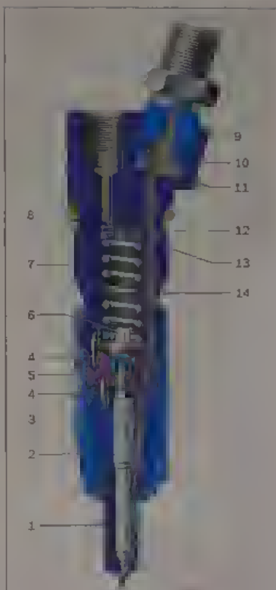


Рис. 2.92. **Конструкция многодырчатой форсунки:** 1 — корпус распылителя; 2 — игла; 3 — гайка; 4 — установочные штифты; 5 — проставка; 6 — штанга; 7 — корпус форсунки; 8 — уплотнительное кольцо; 9 — штуцер; 10 — фильтр; 11 — уплотняющая втулка; 12 — регулировочные прокладки; 13 — упорная прокладка; 14 — пружина

При изменении частоты вращения коленчатого вала необходимо изменять момент начала подачи топлива в цилиндры. С этой целью на кулачковом вале ТНВД установлена центробежная муфта опережения впрыскивания топлива. Внутри муфты имеются грузики, которые при увеличении оборотов коленчатого вала расходятся под действием центробежных сил и проворачивают кулачковый вал по фазе относительно привода. Увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя приводит к более раннему началу впрыскивания, а уменьшение — к более позднему

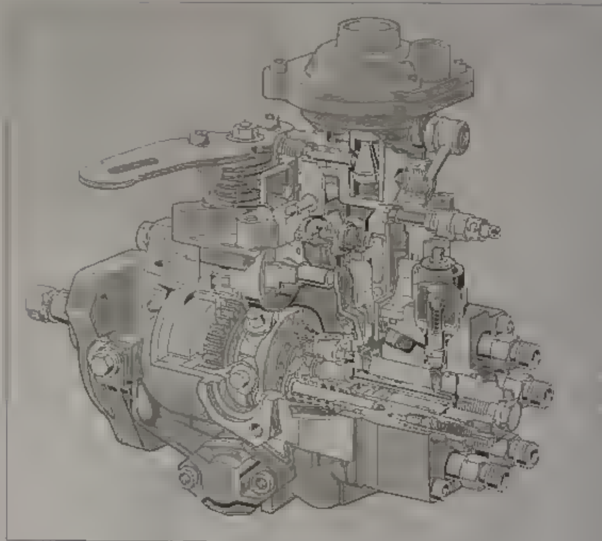


Рис. 2.93. **Распределительный ТНВД с аксиальным движением плунжера и компенсатором давления во впускном трубопроводе (LDA)**

В одноплунжерных ТНВД используется только одна плунжерная пара, а подача порций топлива к форсункам различных цилиндров дизеля осуществляется с помощью специального вращающегося распределителя. Такие насосы называются также распределительными (рис. 2.93). Распределительные ТНВД более компактны, их масса меньше, но плунжеру приходится работать с большей частотой ходов и долговечность таких насосов ниже

СИСТЕМА ПИТАНИЯ COMMON RAIL

Следующим шагом в развитии систем топливоподачи дизелей является система Common Rail (рис. 2.94). Ее особенностью стало использование аккумуляторного узла (резервуара), который содержит распределительный трубопровод (общая рампа), линии подачи топлива и форсунки. ЭБУ по заданной программе передает управляющий сигнал к соленоиду форсунки, которая подает топливо в камеру сгорания двигателя. Использование здесь принципа разделения узла, создающего давление (насос высокого давления), и узла впрыскивания (электромагнитная форсунка) обеспечивает повышение точности управления процессом сгорания, а также увеличение давления впрыскивания (рис. 2.95).

Систему Common Rail, разработанную фирмой Bosch, отличают следующие особенности:

- возможность установки системы без радикального изменения конструкции самого дизельного двигателя;
- давление топлива поддерживается на необходимом уровне, независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Это дает возможность увеличить величину крутящего момента при малых оборотах двигателя;
- управление системой осуществляется под контролем электроники, поэтому количество впрыскиваемого в цилиндры топлива дозируется более точно. Это улучшает процесс сгорания и снижает расход топлива;

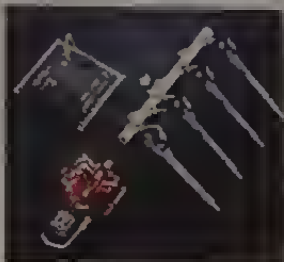


Рис. 2.94. **Система Common Rail**

- топливо впрыскивается под давлением около 135 МПа. Такое высокое давление обеспечивает получение очень мелко распыленного топлива, которое сгорает полнее и приводит к уменьшению вредных выбросов и снижению дымности отработавших газов. Еще более полное сгорание может быть обеспечено применением предварительного впрыска или многократного впрыска в течение одного такта;
- организация процесса впрыска с помощью электроники дает возможность существенно снизить шумность дизеля.

В отличие от других систем питания дизелей, управляющих работой кулачковых механизмов, система Common Rail является аккумуляторной системой, в которой топливо находится под высоким давлением в аккумуляторном узле (Rail).

Система Common Rail состоит из трех основных частей: контура низкого давления, контура высокого давления и системы датчиков.

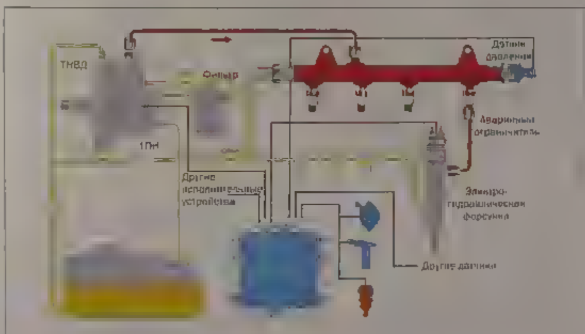


Рис. 2.95. **Схема работы системы Common Rail**

В контур низкого давления входят: топливный бак, подкачивающий насос, топливный фильтр и соединительные трубопроводы.

Контур высокого давления состоит из насоса высокого давления (заменяющего традиционный ТНВД) с контрольным клапаном, аккумуляторного узла высокого давления (рампы) с датчиком, контролирующим в нем давление, форсунок и соединительных трубопроводов высокого давления. Аккумуляторный узел представляет собой длинную трубу с поперечно расположенными штуцерами для подсоединения форсунок и выполнен двухслойным (внутренний слой изготовлен из химически инертного материала).

Электронный блок управления системы Common Rail получает электрические сигналы от следующих датчиков: положения коленчатого вала, положения распределительного вала, перемещения педали «газа», давления наддува, температуры воздуха, температуры охлаждающей жидкости, массового расхода воздуха и давления топлива в аккумуляторном узле.

Датчики определяют значения соответствующих физических величин, а ЭБУ на основе полученных сигналов вычисляет необходимое количество подаваемого топлива, дает команду на начало впрыска, определяет продолжительность открытия форсунки, корректирует параметры впрыска и управляет работой всей системы.

В контуре низкого давления подкачивающий насос засасывает топливо из бака, пропускает его через фильтр, в котором задерживаются загрязнения, и доставляет его к контуру высокого давления.

В контуре высокого давления насос высокого давления подает топливо в аккумуляторный узел, где оно находится при максимальном давлении 135 МПа с помощью контрольного клапана. Если контрольный клапан насоса высокого давления открывается по команде ЭБУ, топливо от насоса по сливному трубопроводу поступает в топливный бак. Каждая форсунка соединяется с аккумуляторным узлом отдельным трубопроводом высокого давления, а внутри форсунки имеется управляющий соленоид (электромагнитный клапан). При получении командного электрического сигнала от ЭБУ форсунка начинает впрыскивать топливо в соответствующий цилиндр. Впрыск топлива продолжается до тех пор, пока электромагнитный клапан форсунки не отключится по команде блока управления, который определяет момент начала впрыска и количество топлива, получая данные от датчиков и сравнивая полученные значения со специальной программой, заложенной в памяти компьютера. Кроме того, блок производит постоянный контроль работоспособности системы.

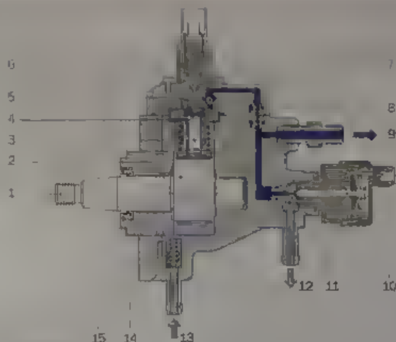
Поскольку в аккумуляторном узле топливо находится при постоянном и высоком давлении, это дает возможность впрыска небольших и точно отмеренных порций топлива. Появилась возможность впрыска предварительной порции топлива перед основной, что дает возможность значительно улучшить процесс сгорания.

УСТРОЙСТВО КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ COMMON RAIL

В качестве подкачивающего насоса используются электрические насосы, которые могут устанавливаться как внутри бака, так и в трубопроводе между баком и фильтром. Конструкция таких насосов сходна с электрическими бензонасосами, которые применяют в системах впрыска. При отключении питания электродвигателя насоса топливо перестает поступать к двигателю и он глохнет.

Топливоподкачивающий насос объединяет в себе электродвигатель и роликовый насос. Топливо протекает через электродвигатель и охлаждает его. Насосы, расположенные внутри бака, лучше охлаждаются и, как правило, имеют меньшие размеры. На выходе из насоса имеется обратный клапан, необходимый для обеспечения стекания топлива из трубопровода обратно в бак. В системе могут использоваться и другие топливоподкачивающие насосы, например шестеренные.

Насос высокого давления этой системы располагается в подкапотном пространстве автомобиля, обычно в том же месте, где и ТНВД. Насос создает высокое давление, необходимое для впрыска топлива на всех режимах работы дизеля.



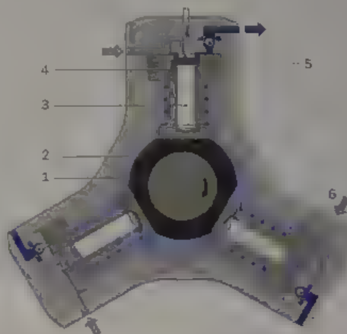


Рис. 2.96. **Схема устройства ТНВД: а — продольный разрез:** 1 — вал привода; 2 — эксцентриковый кулачок; 3 — плунжер со втулкой; 4 — камера над плунжером; 5 — впускной клапан; 6 — электромагнитный клапан отключения плунжерной секции; 7 — выпускной клапан; 8 — уплотнение; 9 — штуцер магистрали, ведущей к аккумулятору высокого давления; 10 — клапан регулирования давления; 11 — шариковый клапан; 12 — магистраль обратного слива топлива; 13 — магистраль подачи топлива к ТНВД; 14 — защитный клапан с дроссельным отверстием; 15 — перепускной канал низкого давления; **б — поперечный разрез:** 1 — вал привода; 2 — эксцентриковый кулачок; 3 — плунжер с втулкой; 4 — впускной клапан; 5 — выпускной клапан; 6 — подача топлива

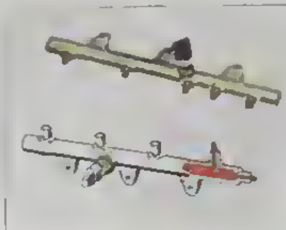


Рис. 2.97. **Аккумуляторный узел системы Common Rail**



Рис. 2.98. **Клапан контроля давления**

Рис. 2.99. **Форсунки системы Common Rail дизеля BMW**

Насос высокого давления (рис. 2.96) приводится в действие от коленчатого вала двигателя посредством зубчатой, цепной или ременной передачи. Насос смазывается и охлаждается самим топливом. На входе в насос установлен предохранительный клапан, не допускающий падения давления в системе.

Три плунжера приводятся в действие эксцентриком, установленным на валу насоса. При движении плунжера вниз под действием пружины открывается клапан и топливо заполняет пространство над плунжером. При ходе плунжера вверх клапан закрывается и топливо сжимается плунжером.

Аккумуляторный узел (рис. 2.97) является общим для всех цилиндров двигателя. Применение аккумуляторного узла соответствующего объема снижает пульсации давления топлива. Для того чтобы максимально снизить пульсации давления, объем рампы должен быть как мож-

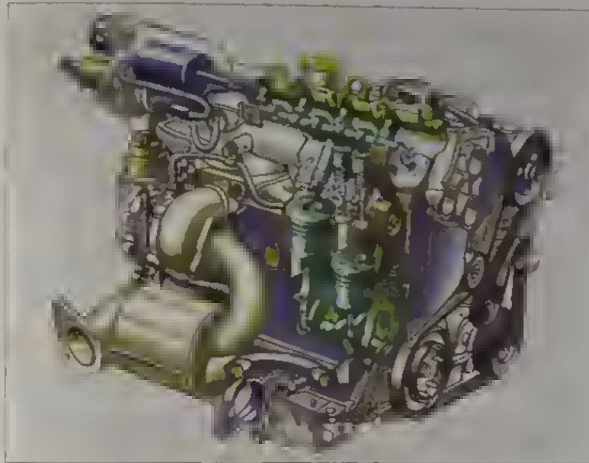


Рис. 2.100. **Турбодизель Renault объемом 1,9 л с системой Common Rail был выпущен в 2000 г. Топливная «рейка» (обозначена желтым) установлена параллельно распределительному валу**

но большим, хотя, с другой стороны, это может привести к задержке при заполнении этого узла топливом, а следовательно, к задержке пуска двигателя. В связи с этим конструкторам приходится идти на определенный компромисс. Изготавливается узел из высокопрочной стали.

Контрольный клапан давления (рис. 2.99) управляется компьютером, входящим в блок управления, и поддерживает постоянное давление в аккумуляторном узле. Применяются два варианта установки клапана: на насосе высокого давления или непосредственно на аккумуляторном узле.

Седло клапана закрыто шариком, на который с одной стороны воздействует давление топлива, а с другой — суммарная сила от пружины сердечника клапана и электромагнита. Электромагнит управляется переменным током от блока управления. При увеличении давления топлива сверх заданной величины клапан открывается и топливо сбрасывается в сливную магистраль, уменьшая давление в аккумуляторном узле.

На основе сигнала от датчика давления ЭБУ определяет давление в аккумуляторном узле.

В форсунках двигателя имеются электромагниты, которые управляют работой этих форсунок, получая электрические сигналы от ЭБУ (рис. 2.99).

Распылитель форсунки закрыт иглой, которая прижимается к седлу распылителя за счет совместного действия усилия сжатия пружины и силы давления топлива. Электромагнитный клапан служит только для управления давлением топлива, и при подаче электрического тока на его обмотку уменьшает силу давления, препятствующую подъему иглы форсунки и началу процесса впрыска. При отключении электромагнита форсунка закрывается и впрыск топлива прекращается. Топливо, просачивающееся из форсунки, попадает в сливную магистраль.

В последнее время все большее применение на грузовых автомобилях и автобусах находит система подачи топлива HEUI (Hydraulically Actuated Unit Ignition) — электронная гидравлическая система впрыска. Основным узлом системы HEUI является насос-форсунка, кулачковый вал привода исполнительных механизмов насос-форсунок здесь заменен гидроприводом. Масло подается в насос-форсунку по специальной магистрали из системы смазки двигателя под давлением около 25 МПа. Попадая в насос-форсунку, масло воздействует на соответствующий масляный плунжер, перемещающий топливный плунжер. Этот плунжер из-за своего меньшего диаметра создает высокое давление впрыска (свыше 160 МПа), что дает возможность добиться лучшего распыления топлива и оптимизации его смешивания с воздухом. В отличие от других систем давление в системе HEUI абсолютно не зависит от частоты вращения двигателя и обеспечивает подачу топлива в камеру сгорания в нужный момент времени и в оптимальном количестве.

§ 15

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ГАЗОВЫМ ТОПЛИВОМ

Двигатели газобаллонных автомобилей могут работать на различных природных и промышленных газах, которые могут находиться как в сжатом, так и в сжиженном виде в специальных баллонах.

В основном в качестве такого газа используется метан. В баллонах сжатый газ находится под давлением порядка 20 МПа.

Сжиженный газ — это, как правило, смесь пропана и бутана, находится в жидком состоянии в баллоне при более низком давлении порядка 1,6–2 МПа. Сжиженный газ в баллоне не должен занимать весь объем, часть газа должна находиться в газообразном состоянии, чтобы не произошло разрушения баллона при увеличении объема жидкости вследствие нагрева.

По сравнению с жидким нефтяным топливом газ обладает некоторыми преимуществами при использовании его в качестве топлива для ДВС. Во-первых, газ дешевле жидкого топлива. Во-вторых, он лучше смешивается с воздухом, образуя однородную горючую смесь, и обеспечивает более полное сгорание, поэтому в отработавших газах газобаллонных автомобилей содержится меньше вредных веществ. Кроме того, газ в отличие от бензина не разжижает моторное масло, а это гарантирует уменьшение износа деталей двигателя. Антидетонационная стойкость газа выше, чем бензина. В то же время смесь газа с воздухом имеет меньшую теплоту сгорания и стандартный двигатель при работе на газе будет иметь меньшую мощность, чем тот же двигатель при работе на жидком топливе. Несмотря на некоторые недостатки, газобаллонные автомобили получают все большее распространение в мире.

Перед тем как подать газ в камеру сгорания, нужно снизить его давление, для чего используют специальные редукторы. Сжиженный газ предварительно переводится в газообразное состояние с помощью испарителя — специального теплообменника, подключенного к системе охлаждения двигателя.

Все больше известных производителей автомобилей серийно выпускают модели, предназначенные для эксплуатации на двух видах топлива — жидком и газообразном (Volvo, BMW, FIAT, Rover и др.). На этих автомобилях параллельно устанавливаются две системы питания — для жидкого топлива и для газа (рис. 2.101). Водитель может с помощью контрольного устройства переключать работу двигателя на тот или другой вид топлива и определять остаток любого топлива с помощью контрольных приборов.



Рис. 2.101. **Автомобиль BMW 316 g может работать на бензине и сжиженном газе**



Рис. 2.102. **Емкость для газа производства компании Ford Motors**

Необходимо размещать газовые баллоны в безопасном месте, чтобы они не были повреждены в случае аварии. Иногда баллоны устанавливают в багажном отделении легковых автомобилей, но располагают их при этом как можно дальше от задней части автомобиля, которая может подвергнуться удару при аварии. На грузовых автомобилях баллоны для сжатого газа обычно размещают между рамой и грузовой платформой. У автобусов баллоны могут располагаться на крыше. Некоторые производители изготавливают емкости для газового топлива из композитных материалов специальной формы для лучшего использования объема багажника (рис. 2.102).

§ 16

НАДДУВ ДВС

Одним из способов повышения мощности двигателя внутреннего сгорания является увеличение количества поступающего в цилиндры воздуха. Подача в двигатель воздуха при положительном давлении называется наддувом. В настоящее время зарубежными фирмами производится от 50 до 90 % двигателей с наддувом от общего объема выпускаемых двигателей.

В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод, и турбонаддув, при котором компрессор приводится в действие турбиной благодаря энергии отработавших газов. Турбокомпрессоры получили наибольшее распространение.

В турбокомпрессоре используются центробежные насосы. Под действием центробежных сил, вызванных вращением колеса с лопатками, воздух отбрасывается к периферии колеса, а в его центре создается разрежение, что обеспечивает всасывание воздуха (рис. 2.103). Для эффективной работы турбокомпрессора частота вращения колеса компрессора должна быть очень высокой не менее 50–100 тыс. $мин^{-1}$.

При работе ДВС из выпускного трубопровода под давлением выбрасываются продукты сгорания, которые имеют высокую температуру. Поток газов приводит во вращение колесо турбины, которое передается закрепленному на общем валу колесу компрессора.

Для достижения фазы наддува, т. е. момента, когда давление воздуха на впуске превысит атмосферное, необходимо, чтобы была достигнута определенная частота вращения турбины (не менее 60 000 $мин^{-1}$). При малых оборотах двигателя турбокомпрессор работает в дежурном режиме (частота 5 000–10 000 $мин^{-1}$). Необходимо учитывать, что наличие турбины в выпускном тракте создает сопротивление выходу отработавших газов.

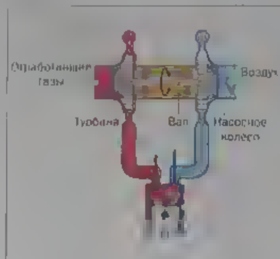


Рис. 2.103 **Схема работы турбокомпрессора**

Существует две проблемы, связанные с наддувом двигателей. Первая заключается в том, что давление наддува увеличивает степень сжатия двигателя и увеличивает склонность двигателя к детонации. Вторая проблема связана с том, что чем больше частота вращения коленчатого вала, тем больше образуется отработавших газов и тем быстрее вращается компрессор, увеличивая количество воздуха, поступающего в цилиндры. Это приводит к увеличению мощности двигателя и одновременному увеличению количества отработавших газов с последующим ростом числа оборотов турбины. Если не предусмотреть специальных мер, этот процесс приведет к разрушению деталей двигателя или турбокомпрессора.

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА



Рис. 2.104 **Турбокомпрессор с промежуточным охлаждением**

Известно, что сжатие воздуха приводит к повышению его температуры. В современных наддувных двигателях часто применяют промежуточное охлаждение поступающего от турбокомпрессора воздуха (рис. 2.104). С этой целью воздух, сжатый в турбокомпрессоре, поступает в специальный теплообменник, в котором воздух охлаждается до температуры 50–60 °С. Охлаждение воздуха дает возможность улучшить наполнение цилиндров за счет увеличения плотности воздуха и снизить вероятность возникновения детонации. Охлаждение воздуха повышает мощность двигателя с наддувом примерно на 20 % при одновременном улучшении топливной экономичности.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАДДУВА

Принцип регулирования заключается в ограничении частоты вращения турбокомпрессора после достижения необходимого давления наддува. С этой целью используется специальный перепускной клапан, который ограничивает количество отработавших газов, проходящих через турбину (рис. 2.105).

В системе выпуска перед турбиной имеется обводной (байпасный) канал, который дает возможность отработавшим газам миновать турбину. Этот канал открывается перепускным клапаном. Чувствительным элементом клапана является подпружиненная мембрана, на которую воздействуют две противоположно направленные силы: сила сжатия пружины и давление воздуха после турбокомпрессора. При достижении заданного давления надду

ее мембрана прогибается, сжимая пружину, а соединенный с мембраной клапан открывает обводной канал. Давление наддува можно отрегулировать предварительным сжатием пружины.

В современных двигателях с турбонаддувом (рис. 2.106) максимальное давление наддува регулируется системой управления двигателем. Компьютер получает сигнал от датчика абсолютного давления, сравнивает его с величиной номинального значения давления, содержащимся в памяти, и управляет электромагнитным перепускным клапаном. Работа электромагнитного клапана корректируется в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов двигателя.

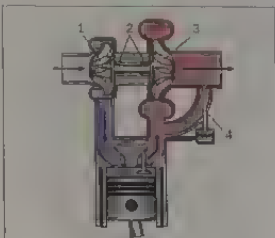


Рис. 2.105. **Регулирование наддува:** 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора; 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

Рис. 2.106. **Турбокомпрессор Garret:** 1 — лопатки турбины; 2 — корпус турбины; 3 — тепловая защита; 4 — корпус подшипников; 5 — упор; 6 — защитная пластина; 7 — корпус компрессора; 8 — диффузор; 9 — клапан; 10 — насос компрессора; 11 — уплотнение; 12 — подшипник; 13 — втулка подшипника; 14 — заслонка

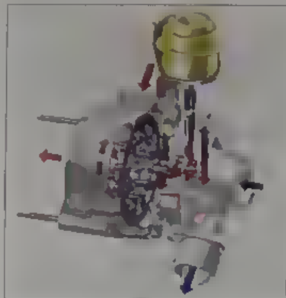


Рис. 2.107. **Схема работы турбокомпрессора с изменяемой геометрией**

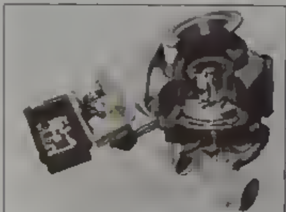


Рис. 2.108. **Внешний вид турбокомпрессора с изменяемой геометрией**

Очень важный вопрос — выбор правильного размера турбины для конкретного двигателя. В первых двигателях с турбонаддувом для легковых автомобилей 1970-х гг. использовались готовые конструкции, разработанные, как правило, для дизелей больших грузовых автомобилей. Такие устройства давали хороший результат для увеличения максимальной мощности, но были неэффективными для получения большого крутящего момента в среднем диапазоне частот вращения двигателя, т. е. для получения достаточной приемистости автомобиля. Большие турбины требовали некоторого времени на «раскрутку», когда при небольших нагрузках открывалась дроссельная заслонка, что приводило к задержке нарастания давления наддува. Этот эффект получил название турбоямы.

Большинство современных турбокомпрессоров легковых автомобилей имеют небольшие размеры и высокую частоту вращения.

Для того чтобы увеличить диапазон частот вращения двигателя, при которых турбонаддув обеспечивает повышение давления, применяются по два турбокомпрессора на одном двигателе. Один турбокомпрессор работает при низких оборотах, а второй при высоких. В последних поколениях наддувных двигателей стали применяться турбокомпрессоры с переменной геометрией (рис. 2.107), которые сохраняют высокую скорость газов при малых нагрузках, так что турбина всегда вращается с нужной скоростью. В таких турбокомпрессорах поток направляемых на турбину газов управляется с помощью специальных поворачивающихся заслонок. Одновременный поворот заслонок производится с помощью штока вакуумной камеры. Разрежение в камере регулируется электромагнитным клапаном по сигналу компьютера.

Компания DaimlerChrysler, которая на своих автомобилях Mercedes в течение продолжительного времени применяла механический наддув, сейчас использует турбокомпрессор с изменяемой геометрией, в котором поворот заслонок осуществляется с помощью электродвигателя (рис. 2.108).

При работе системы турбонаддува происходит сильный нагрев турбины, а компрессор остается сравнительно холодным. Очень важным узлом, определяющим долговечность турбокомпрессора, является узел подшипников вала. Обычно масло для смазки подшипников подается под давлением из системы смазки двигателя. Иногда для повышения работоспособности наддува применяют охлаждение корпуса турбины жидкостью из системы охлаждения двигателя. После продолжительного движения на высокой скорости автомобиля с турбонаддувом турбина мо-



Рис. 2.109. **Дизельный двигатель с турбонаддувом**



Рис. 2.110. **Турбокомпаундный двигатель Scania**

жет раскрутиться до высоких скоростей (сотни тысяч оборотов в минуту). После остановки двигателя турбокомпрессор останавливается не сразу, а масло уже не поступает к подшипникам. Чтобы не произошло повреждения подшипников, рекомендуется перед выключением двигателя дать ему возможность некоторое время поработать на холостом ходу.

Очень хорошо система турбонаддува работает в дизелях. Отработавшие газы в дизеле холоднее, чем в бензиновых двигателях, что облегчает работу турбокомпрессора, и, кроме того, в дизеле не существует опасности возникновения детонации. Поэтому неслучайно, что турбонаддув устанавливается почти на всех современных дизельных двигателях легковых автомобилей (рис. 2.109).

В многоцилиндровых двигателях с большим рабочим объемом некоторых грузовых автомобилей отработавшие газы продолжают обладать большой энергией, даже после прохождения турбокомпрессора. Эту энергию можно использовать для дальнейшего повышения мощностных характеристик двигателя, создавая так называемые турбокомпаундные двигатели (рис. 2.110). В таком двигателе часть энергии отработавших газов используется для раскручивания дополнительной турбины, которая через гидравлическую муфту связана с коленчатым валом. Такая конструкция дает возможность увеличить крутящий момент на валу двигателя.

МЕХАНИЧЕСКИЙ НАДДУВ

Механический наддув появился раньше турбонаддува, но до настоящего времени остается альтернативой турбонаддуву. Частота вращения насоса-компрессора любой механической системы наддува прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала (поскольку приводится от него). Поэтому и количество воздуха при наддуве пропорционально частоте вращения. При этом исключаются высокие температуры и задержки наддува. С другой стороны, системы механического наддува занимают больше места, требуют специального привода (обычно зубчатый ремень) и сильно шумят. В качестве насосов в системе механического наддува могут использоваться различные устройства, но наибольшее распространение получили нагнетатели типа Ruts (рис. 2.111, 2.112).

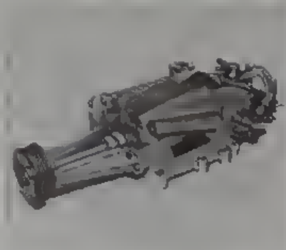


Рис. 2.111. Система механического наддува с нагнетателем типа Ruts



Рис. 2.112. Двигатель с системой механического наддува

§ 17

ЗАЖИГАНИЕ В ДВИГАТЕЛЯХ

Работоспособность бензинового двигателя зависит не только от своевременной подачи в его цилиндры топливно-воздушной горючей смеси и последующего удаления продуктов сгорания, но и воспламенения в нужный момент горючей смеси от искры с помощью системы зажигания. Искра проскакивает между электродами свечи зажигания (рис. 2.113). Свеча вворачивается в резьбовое отверстие, выполненное в головке блока.

Свечи зажигания за многие годы своего существования принципиально мало изменились, но за счет применения новейших материалов и современных технологий стали более надежными и долговечными. Некоторые свечи с платиновыми электродами могут прослужить до 100 тыс. км пробега автомобиля.

Для того чтобы между электродами свечи зажигания (рис. 2.114) проскочила искра, на нее нужно подать высокое напряжение (не менее 20 000 В). На автомобилях, в которых используются источники электрического тока с напряжением 12 В, для получения высокого напряжения применяется катушка зажигания — трансформатор с двумя обмотками (первичной и вторичной), отличающимися числом витков.

Катушка зажигания (рис. 2.115) имеет внутренний сердечник. Вторичная обмотка, имеющая большее число витков, намотана вокруг сердечника. Один ее конец соединен с центральным выводом катушки, а второй — с низковольтной клеммой. Первичная обмотка (с меньшим числом витков) намотана поверх вторичной, и ее выводы соединены с низковольтными клеммами.

На вторичной обмотке катушки зажигания высокое напряжение возникает после того, как через первичную обмотку пройдет импульс тока низкого напряжения.

Момент опережения зажигания является весьма важным параметром и должен регулироваться в соответствии с изменениями оборотов и нагрузки двигателя. На первых автомобильных двигателях опережение зажигания регулировалось вручную, для чего на приборном щитке автомобиля располагалась специальная рукоятка. Затем на смену ручному регулятору пришел распределитель зажигания (рис. 2.116).

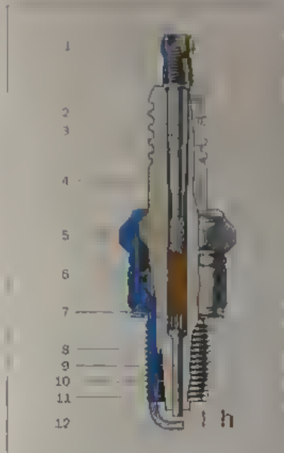


Рис. 2.113. **Свеча зажигания бензинового двигателя:** 1 — контактная гайка; 2 — оребрение изолятора (барьеры для тока утечки); 3 — контактный стержень; 4 — керамический изолятор; 5 — металлический корпус; 6 — токопроводящий стеклогерметик; 7 — уплотнительное кольцо; 8 — теплоотводящая шайба; 9 — центральный электрод; 10 — тепловой конус изолятора; 11 — рабочая камера; 12 — боковой электрод «масса»; h — искровой зазор



Рис. 2.114. **Рабочая часть свечи зажигания с платиновыми электродами**

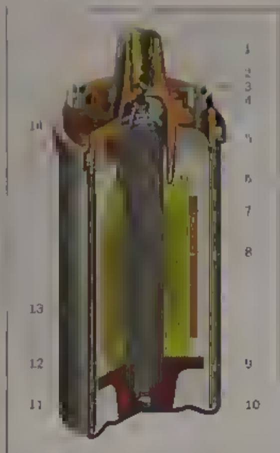


Рис. 2.115. **Конструкция катушки зажигания:** 1 — крышка; 2 — контактное гнездо; 3 — винт; 4 — вывод низкого напряжения; 5 — уплотнительная прокладка; 6 — кольцевой магнитопровод; 7 — первичная обмотка; 8 — вторичная обмотка; 9 — фарфоровый изолятор; 10 — корпус катушки; 11 — трансформаторное масло; 12 — сердечник; 13 — картонная прокладка; 14 — контактная пружина

Под крышкой распределителя, в которую входит один высоковольтный провод от катушки зажигания и выходят несколько проводов, по одному к каждой свече зажигания, расположен центробежный механизм. В этом механизме имеется два грузика, уравновешенные пружинами, которые расходятся при вращении вала распределителя и увеличивают угол опережения зажигания при увеличении оборотов двигателя путем поворота опорной пластины, на которой расположены контакты прерывателя системы зажигания. В допол

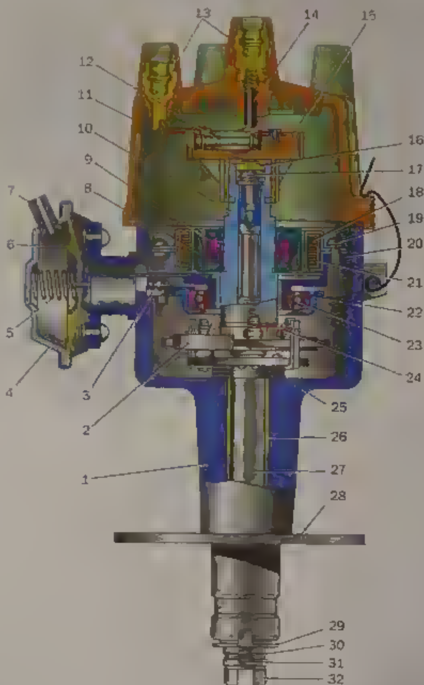


Рис 2 116. **Конструкция датчика-распределителя зажигания:** 1 — корпус, 2 — грузик центробежного регулятора; 3 — винт крепления подшипника; 4 — вакуумный регулятор; 5 — пружина вакуумного регулятора; 6 — диафрагма; 7 — штуцер; 8 — магнитопровод ротора; 9 — постоянный магнит; 10 — ротор; 11 — крышка, 12 — помехоподавительный резистор; 13 — выводы, 14 — центральный контакт; 15 — бегунок; 16 — фильц; 17 — винт крепления ротора; 18 — обмотка статора, 19 — винт крепления статора; 20 — статор 21 — магнитопровод обмотки статора; 22 — опора статора, 23 — подшипник, 24 — пружина грузика, 25 — упорные шайбы, 26 — втулка; 27 — валик; 28 — пластина октан-корректора; 29 — шайба, 30 — пружинное кольцо; 31 — штифт; 32 — муфта привода

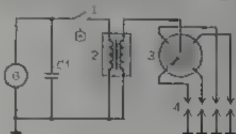


Рис. 2.117. **Схема контактной системы зажигания:** G — источник энергии (генератор или аккумуляторная батарея); C1 — конденсатор, 1 — прерыватель, 2 — катушка зажигания; 3 — распределитель зажигания; 4 — искровые свечи

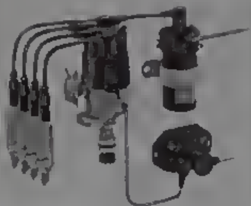


Рис. 2.118. **Бесконтактная система зажигания Bosch**

нение к этому устанавливается вакуумный регулятор, который изменяет момент зажигания в соответствии с нагрузкой (чем выше нагрузка, тем ниже давление во впускном трубопроводе).

Такая конструкция просуществовала довольно долго. Со временем, механическую контактную систему зажигания (рис. 2.117) заменили на более надежную, бесконтактную (рис. 2.118). В этой системе распределитель зажигания заменен на датчик-распределитель

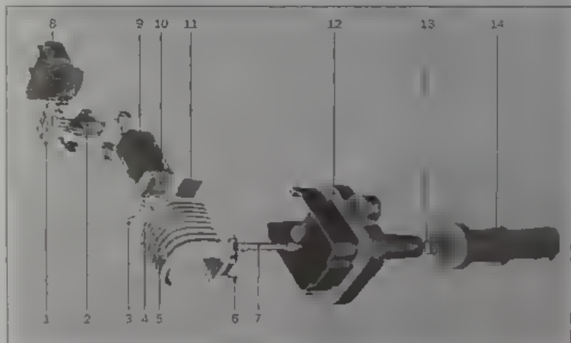


Рис. 2.119 **Индивидуальная катушка зажигания:** 1 — печатная плата, 2 — задающий каскад; 3 — диод EFU; 4 — элемент вторичной обмотки; 5 — провод вторичной обмотки, 6 — контактная металлическая пластина; 7 — стержень высокого напряжения; 8 — разъем первичной цепи, 9 — провод первичной обмотки, 10 — I-образный сердечник (внутренний); 11 — постоянный магнит, 12 — о-образный сердечник (внешний), 13 — пружина 14 — силиконовая изолирующая оболочка

и коммутатор. Датчик распределитель выдает управляющие импульсы низкого напряжения и распределяет импульсы высокого напряжения по отдельным свечам зажигания. Работа бесконтактного датчика основана на использовании эффекта Холла. В этой системе еще существовали механические детали, которые не обеспечивали высокой надежности.

В современных двигателях механический распределитель уступил место электронным системам. Сейчас его функцию выполняют или отдельные электронные модули, или чаще электронный блок управления. Катушки зажигания индивидуальные для каждого цилиндра, иногда для пары цилиндров (рис. 2.119). Это позволяет обойтись без высоковольтных проводов, повысить напряжение и увеличить надежность системы зажигания. Получение каждого искрового разряда производится по электронным сигналам с очень высокой точностью и без использования каких-либо подвижных частей. Во многих двигателях искра образуется не только во время такта сжатия (это значит, что каждая свеча генерирует искровой разряд каждый раз, когда поршень доходит до ВМТ). Содержание вредных компонентов в отработавших газах при этом несколько снижается.

§ 18

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Самые первые автомобили не имели источников электрического тока. Для получения искры в системе зажигания использовали магнето, которые не нуждаются во внешнем источнике энергии. В качестве осветительных приборов использовались ацетиленовые фонари. Двигатель пускали вручную с помощью заводной рукоятки. Со временем на автомобили стали устанавливать аккумуляторные батареи, которые использовались как источники электрического тока для освещения, пуска двигателя с помощью стартера, привода стеклоочистителей и других электропотребителей и, наконец, для работы всех систем автомобиля при неработающем двигателе или при малой частоте его вращения.



Рис. 2.120. **Аккумуляторная батарея**

В качестве автомобильных аккумуляторных батарей в основном применяются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, собранные из отдельных аккумуляторов-секций (рис. 2.120).

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи тяжелые и не самые эффективные из существующих на сегодняшний день, но они относительно дешевы и способны в течение короткого времени отдавать ток в несколько сотен ампер, необходимый для питания электрического стартера. Свинцово-кислотный аккумулятор состоит из свинцовых электродов, погруженных в емкость с раствором серной кислоты (электролитом). В результате взаимодействия электродов с электролитом на них возникает разность потенциалов. Отдельный аккумулятор имеет напряжение около 2 В. Для того чтобы получить напряжение, необходи

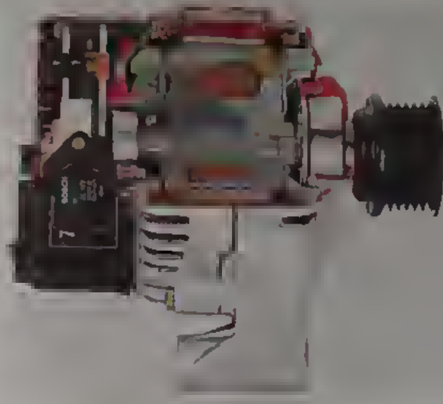


Рис. 2.121 **Генератор переменного тока**

мое для питания электрической сети автомобиля, аккумуляторы соединяют последовательно и собирают в аккумуляторную батарею. Напряжение бортовой сети легковых автомобилей составляет 12 В. Для получения этого напряжения соединяют последовательно шесть отдельных аккумуляторов. На некоторых грузовых автомобилях с дизельным двигателем в бортовой электрической сети используют напряжение 24 В. Для пуска дизелей требуется более высокое напряжение, которое необходимо для работы более мощного стартера. На таких автомобилях используют две соединенные последовательно аккумуляторные батареи с напряжением 12 В.

При разряде аккумуляторной батареи плотность электролита падает. При зарядке аккумуляторной батареи к ее выводам подводится электрический ток. Батарея заряжается, а плотность электролита повышается.

Для зарядки аккумуляторов и питания всех потребителей тока при движении потребовались генераторы электрического тока. Сначала применялись генераторы постоянного тока, а после появления надежных полупроводниковых выпрямителей они были вытеснены более эффективными генераторами переменного тока (рис. 2.121).

Генераторы переменного тока мощнее, обеспечивают возможность зарядки аккумулятора при малых оборотах двигателя, но требуется специальный выпрямитель, чтобы преобразовать переменный ток в постоянный. Для поддержания постоянной величины напряжения (примерно 14 В) независимо от оборотов двигателя используются регуляторы напряжения. Современные электронные регуляторы имеют небольшие размеры и, как правило, устанавливаются непосредственно на генераторе.

В автомобилях используется однопроводная схема электрооборудования. Вторым проводом («массой») служит металлический кузов автомобиля. На большинстве автомобилей с «массой» соединяется отрицательный полюс источников тока.

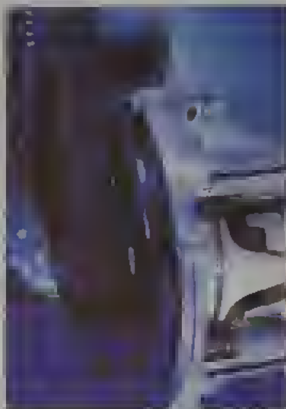


Рис. 2.122 **Генератор с жидкостным охлаждением**

По мере совершенствования конструкции автомобиля появляется все больше потребителей электрического тока, а также много новых электронных систем, сервоприводов с электродвигателями и т. д. Разрабатываются электрические усилители рулевого управления, тормозные механизмы с электроприводом и др.

Мощности применяемых сегодня генераторов переменного тока, питающих электрооборудование автомобиля напряжением 14 В, которое требуется для зарядки 12-вольтовых аккумуляторных батарей, становится недостаточно. Потребная мощность источника электрического тока на современных автомобилях доходит до 2 кВт. Существующие генераторы с трудом справляются с возросшей нагрузкой. Компания BMW разработала генератор с жидкостным охлаждением, включенным в систему охлаждения двигателя (рис. 2.122).

Перспективный путь состоит в том, чтобы поднять выходную мощность генератора переменного тока как минимум до 5 кВт. На сегодняшний день является практически решенным вопрос о переходе на электрооборудование автомобиля с напряжением 36 вместо 12 В, а генераторы переменного тока будут работать с напряжением 42 вместо 14 В. Практически это максимально высокое напряжение, которое можно использовать без дополнительных мер безопасности.

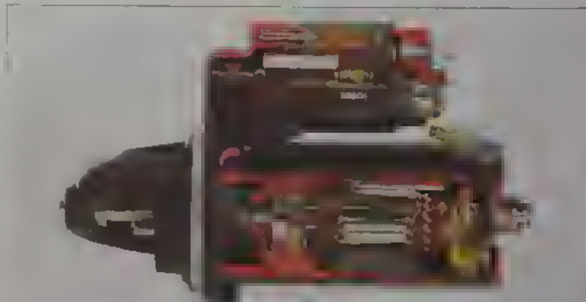


Рис. 2.123 **Разрез стартера**

Переход электрических систем на 36 В требует применения специальных аккумуляторных батарей. Это сделать не так трудно, т. к. все батареи, вне зависимости от их напряжения, состоят из соответствующего числа отдельных аккумуляторов. Кроме того, разрабатываются более эффективные аккумуляторы и батареи на топливных элементах (см. гл. 8).

Сейчас пуск двигателей производится с помощью электрических стартеров (рис. 2.123), которые используют напряжение 12 или 24 В. Основу таких стартеров составляет электродвигатель постоянного тока с электромагнитным дистанционным включением. Они питаются от аккумуляторной батареи. Стартер приводит во вращение маховик двигателя через зубчатую передачу.

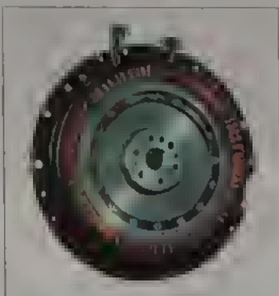


Рис. 2.124. **Стартер-генератор на маховике двигателя**

Переход к более высокому напряжению дает возможность использовать стартеры-генераторы (рис. 2.124), встроенные в маховик двигателя. С помощью таких устройств не только легко проворачивается коленчатый вал ДВС при пуске, что дает возможность глушить двигатель при каждой остановке и пускать его при трогании, но и использовать его при интенсивном разгоне совместно с основным двигателем (см. гл. 8).

Использование напряжения 36 В также выгодно для электропроводки. Более высокое напряжение означает, что та же самая мощность может быть передана по более тонким проводам. В большинстве современных автомобилей электропроводка стала очень сложной и дорогой. К каждому из многочисленных электрических устройств автомобиля должны быть подведены как силовые, так и управляющие провода. Последние с помощью выключателей и реле замыкают или размыкают соответствующие цепи. Число управляющих проводников может быть очень большим. Сегодня большинство производителей автомобилей начинают использовать другой подход при конструировании электропроводки. Силовые кабели остаются, а управляющие заменяются мультиплексными линиями (рис. 2.125). Управляющие сигналы для различных устройств могут передаваться по высокоскоростным шинам с использованием кодированных сигналов. При таком подходе электропроводка значительно упрощается и появляется возможность простого диагностирования неисправностей систем автомобиля с помощью компьютера.

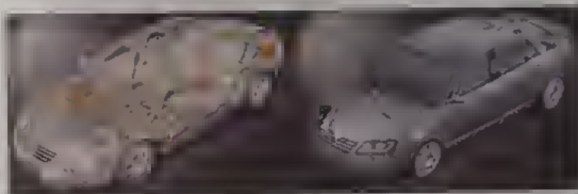


Рис. 2.125. **Сравнение автомобилей с разными типами электропроводки. Применение мультиплексных линий дает возможность существенно упростить электропроводку автомобиля**

ГЛАВА 3

Трансмиссия

Трансмиссия автомобиля выполняет две функции: она передает крутящий момент от двигателя ведущим колесам автомобиля, а также изменяет его величину и направление. При передаче крутящего момента трансмиссия, кроме того, перераспределяет его между отдельными колесами.

§ 19

НАЗНАЧЕНИЕ

Двигатели внутреннего сгорания, являющиеся на сегодняшний день основным источником энергии для автомобилей, имеют максимальные значения крутящего момента и мощности при разных значениях частоты вращения коленчатого вала двигателя. Для того чтобы использовать соответствующие обороты двигателя при различных скоростях движения автомобиля, необходимо иметь возможность изменять передаточное число трансмиссии. Общее передаточное число трансмиссии в любой момент времени можно определить отношением частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения ведущих колес.

Крутящий момент, передающийся на ведущее колесо, определяет тяговое усилие, действующее в контакте колеса с дорогой. Это усилие определяется делением величины крутящего момента на радиус колеса. Для движения автомобиля необходимо, чтобы тяговое усилие было больше суммы сил сопротивления движению (силы сопротивления качению, силы сопротивления подъему, силы инерции, аэродинамического сопротивления). Сумма сил сопротивления движению изменяется в широких пределах в зависимости от условий движения, поэтому трансмиссия автомобиля должна обеспечивать возможность изменения тягового усилия путем изменения в широком диапазоне крутящего момента. Максимальное тяговое усилие ограничивается не возможностями двигателя и трансмиссии, а сцеплением колес с дорогой. Это усилие не должно превышать силу сцепления, иначе ведущие колеса будут проскальзывать и автомобиль не сможет двигаться. Силу сцепления можно определить, умножив часть массы автомобиля, приходящегося на одно колесо, на коэффициент сцепления — φ. Коэффициент сцепления зависит от состояния дорожного покрытия, качества и состояния шин и находится в пределах от 0,1 до 0,9.

Наибольшее суммарное тяговое усилие может быть реализовано, если все колеса автомобиля будут ведущими. Тем не менее для движения автомобиля по дорогам с твердым покрытием достаточно двух ведущих колес на одной оси. Увеличение числа ведущих колес

приводит к усложнению трансмиссии и увеличению механических потерь. Поэтому конструкторам автомобилей приходится применять компромиссные решения в зависимости от назначения автомобиля.

Выбор типа привода ведущих колес и компоновки автомобиля определяют возможность в наибольшей степени реализовать те или иные его свойства. Особенности привода оказывают влияние на топливную экономичность, безопасность, массу и компактность автомобиля, а также на показатели устойчивости, управляемости и тормозной динамики. Виды компоновки автомобиля, их преимущества и недостатки, а также типы трансмиссий были рассмотрены в гл. 1, а в этой главе будут рассмотрены особенности конструкций различных трансмиссий автомобилей.

§ 20

МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ

У автомобилей классической компоновки с колесной формулой 4×2 крутящий момент от двигателя передается через сцепление к коробке передач. В коробке передач крутящий момент может ступенчато изменяться в соответствии с включенной передачей. Двигатель, сцепление и коробка передач обычно объединяются в один блок, образуя силовой агрегат. От коробки передач крутящий момент передается через карданную передачу к главной передаче, где увеличивается, и далее через дифференциал и полуоси подводится к ведущим колесам. Главная передача, дифференциал и полуоси с колесами образуют ведущий мост.

Если силовой агрегат располагается в непосредственной близости от ведущего моста (переднеприводные автомобили и автомобили заднемоторной компоновки с задними ведущими колесами), в трансмиссии можно обойтись без карданной передачи между коробкой передач и главной передачей. При такой компоновке главная передача и дифференциал обычно объединяются в один агрегат, а для привода ведущих колес используются полуоси с шарнирами.

Трансмиссии полноприводных автомобилей будут рассмотрены ниже.

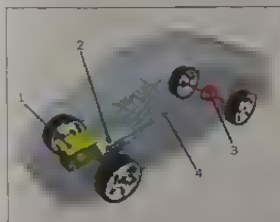


Рис. 3.1. **Схема трансмиссии автомобиля классической компоновки:** 1 — двигатель, 2 — коробка передач; 3 — главная передача и дифференциал; 4 — карданная передача

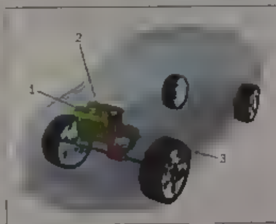


Рис. 3.2. **Схема трансмиссии переднеприводного автомобиля:** 1 — двигатель, 2 — главная передача и дифференциал, 3 — коробка передач

Механическая трансмиссия должна иметь возможность кратковременного разъединения от работающего двигателя. Это необходимо при остановках автомобиля и при переключении передач в механической ступенчатой коробке передач. Кроме того, при трогании автомобиля с места и переключении передач соединение вала двигателя и трансмиссии должно происходить плавно, без резких рывков. В связи с этим возникает необходимость в специальном устройстве, обеспечивающем постепенное нагружение двигателя. В качестве такого устройства обычно применяется сцепление. Использование сцепления необходимо для переключения передач т.к. если трансмиссия находится под нагрузкой крутящим моментом, переключение невозможно. Прежде чем переключить передачу, сцепление необходимо выключить.

В принципе, в качестве сцепления может быть использована любая управляемая муфта.

Первые автомобили были оборудованы ленточным сцеплением, в котором металлическая лента охватывала снаружи металлический барабан или прижималась к нему изнутри при помощи различных рычажных элементов. Ленточные сцепления в обычном положении были выключены и включались путем перемещения рычага в определенное положение. Основным недостатком ленточных сцеплений была необходимость в использовании сложных регулировочных узлов, компенсирующих изнашивание рабочих поверхностей.

С появлением коробок передач со скользящими шестернями появляются сцепления конусного типа. В отличие от постоянно выключенных ленточных сцеплений конусные сцепления удерживались во включенном состоянии пружиной, а выключались, когда водитель, нажимая педаль, сжимал пружину. Именно с первых конструкций конусных пружин в практику автомобилестроения вошел принцип включения сцепления пружинами.



Рис. 3.3. **Сцепление конусного типа:** 1 — фланец коленчатого вала; 2 — маховик; 3 — муфта выключения сцепления; 4 — педаль сцепления; 5 — рычаг выключения сцепления; 6 — вал сцепления; 7 — кожух сцепления; 8 — пружина; 9 — конус сцепления; 10 — фрикционная накладка

В конусных сцеплениях поверхности трения составляли угол 15° с осью конуса. Конус, представляющий собой ведомый элемент, первоначально покрывался кожей, которая требовала тщательного и трудоемкого ухода, но даже при этом быстро изнашивалась. Поэтому впоследствии стали применяться прокладки из фрикционных материалов с асбестовой основой. Маховик двигателя служил ведущим элементом сцепления — его обод изнутри имел коническую поверхность, соответствующую поверхности ведомого элемента сцепления. Ведомый элемент устанавливался на шлицах (продольных выступах) вала коробки передач с возможностью осевого перемещения для выключения сцепления. В рабочем положении конусные поверхности трения были сжаты усилием пружины. Нажатие педали сопровождалось отводом ведомой части от маховика и выключением сцепления. При работе любого сцепления важно, чтобы при его выключении ведомая часть быстро остана-

ошибалась. Главным недостатком конусного сцепления было то, что обладающий большим моментом инерции ведомый элемент долго вращался после выключения сцепления, затрудняя переключение передач.

На смену конусному сцеплению пришло многодисковое сцепление, работающее в масле. Оно состояло из чередующихся стальных и бронзовых дисков, закрепленных на шлицах с ведомым и ведущим барабанами. Ведомый барабан с многочисленными ведомыми дисками также обладал большим моментом инерции, что в значительной степени затрудняло переключение передач. Кроме того, при загустевании масла в холодную погоду диски слипались и сцепление не выключалось.

Следующей ступенью в развитии конструкции сцепления явилось сухое многодисковое сцепление. Ведущие диски его были снабжены накладками из фрикционного материала, приклепанного к ним с обеих сторон. Но и в этом сцеплении сохранился основной недостаток многодисковых сцеплений — большой момент инерции ведомых частей сцепления, затрудняющий переключение передач. Другим недостатком такого сцепления было то, что ведомые металлические диски, расположенные между фрикционными обивками, обладающими низкой теплопроводностью, сильно нагревались при пробуксовке, что ускоряло износ накладок, а иногда возникало сильное коробление дисков, приводившее к нарушению чистоты выключения сцепления.

С 1910 г. на автомобилях начинают применять однодисковые сцепления. Однако первые конструкции не имели фрикционных накладок, диски изготавливались из чугуна и бронзы или из чугуна и стали. Постепенно преимущества однодискового фрикционного сцепления получили всеобщее признание, и к середине 20-х гг. оно уже практически вытеснило прочие конструкции фрикционных муфт.

Сейчас в трансмиссиях автомобилей все чаще применяются также сцепления, построенные на иных принципах действия: гидравлические и электромагнитные.

В гидравлическом сцеплении (гидромуфте) ведущее (насосное) лопастное колесо связано с двигателем, а ведомое (турбинное) лопастное колесо — с трансмиссией. В поперечной плоскости колеса гидромуфты имеют форму тора. В колесах имеются радиальные лопасти. Оба колеса помещены в корпусе, заполненном маслом. При вращении насосного колеса кинетическая энергия жидкости, расположенной между его лопастями и движущейся под действием центробежных сил, передается турбинному колесу. При достижении определенного числа оборотов эта энергия становится достаточной для того, чтобы автомобиль тронулся с места, а при дальнейшем увеличении числа оборотов колеса гидромуфты начинают вращаться практически с одинаковой скоростью.

Гидромуфта в качестве самостоятельного агрегата, выполняющего функции сцепления в трансмиссии автомобиля, не используется, так как для обеспечения ее выключения при переключении передач необходимо создавать сложную систему ее опорожнения. Поэтому гидромуфта применяется вместе с обычным фрикционным сцеплением, которое устанавливается за ней последовательно и служит лишь для переключения передач.

Электромагнитное порошковое сцепление (рис. 3.5) получило некоторое распространение на автомобилях малого класса. Ведущим элементом сцепления является маховик с закрепленными



Рис. 3.4. Многодисковое сцепление, работающее в масле

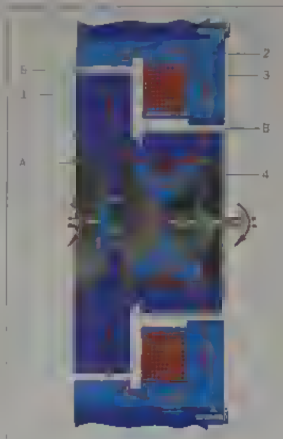


Рис. 3.5. Электромагнитное порошковое сцепление: А, Б, В — зазоры; 1 — ведущая часть; 2 — неподвижный корпус; 3 — обмотка возбуждения; 4 — ведомая часть

на нем магнитопроводами с обмотками возбуждения. Ведомый диск закреплен на ведущем вале коробки передач. Между магнитопроводами и ведомым диском имеется воздушный зазор, в который вводится специальный фрикционный порошок, обладающий высокими магнитными свойствами. При отсутствии тока в обмотках возбуждения между ведущими и ведомыми элементами сцепления силовой связи нет — сцепление выключено. Если к обмоткам возбуждения подводится электрический ток, то за счет образования магнитного поля, частицы порошка выстраиваются по силовым линиям магнитного поля, и создается силовое взаимодействие между ведущими и ведомыми элементами сцепления. Силовая связь зависит от силы тока, поступающего в обмотку возбуждения. Основное достоинство такой конструкции заключается в том, что управление сцеплением можно перенести с педали сцепления на ручной, кнопочный вариант управления, что актуально для водителей с ограниченными физическими возможностями.

Фрикционное однодисковое сцепление в большинстве случаев является оптимальным конструктивным решением для рассматриваемого узла трансмиссии. Схема однодискового сцепления представлена на рис. 3.6. Оно состоит из ведущих частей: маховика, кожуха, нажимного диска, вращающегося с частотой коленчатого вала двигателя, и ведомого диска, расположенного на шлицах ведущего вала коробки передач.

Кроме того, во фрикционном сцеплении выделяют группу деталей, осуществляющих включение-выключение и привод сцепления. Включение сцепления осуществляется под действием силы, создаваемой пружинами, а выключение — в результате преодоления этой силы при воздействии на педаль сцепления, которая обеспечивает перемещение выжимного подшипника.

В зависимости от типа пружин, создающих сжимающие силы, фрикционные сцепления разделяются на:

— сцепления с периферийными пружинами;
— сцепления с центральной конической пружиной;
— сцепления с диафрагменной пружиной.

Большинство механических трансмиссий современных легковых автомобилей имеют сцепления с диафрагменной пружиной.

На грузовых автомобилях нашли применение двухдисковые сцепления, использование которых вызвано необходимостью увеличения площади поверхностей трения без увеличения внешних размеров сцепления.

К конструкции сцепления предъявляются определенные требования

Плавность включения. Это требование диктуется необходимостью снижения динамических нагрузок в трансмиссии при трогании автомобиля с места и переключении передач. До недавнего времени для фрикционных сцеплений применялись в основном фрикционные накладки, в состав которых входили асбест, наполнители и связующие материалы. В настоящее время все большее распространение получают фрикционные накладки без асбеста или с минимальным его содержанием. Это связано с тем, что асбестовая пыль признана опасной для здоровья человека.

Конструктивно плавность включения сцепления достигается обеспечением податливости ведомого диска. С этой целью ведомые диски легковых автомобилей выполняются разрезными, с некоторой конусностью или выпуклостью секторов.

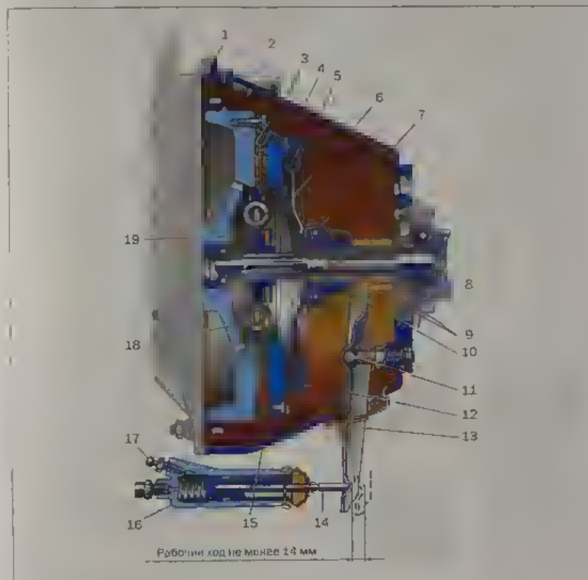


Рис. 3.6. **Однодисковое сцепление:** 1 — картер сцепления; 2 — маховик; 3 — фрикционные накладки ведомого диска; 4 — нажимной диск; 5 — опорные кольца; 6 — диафрагменная пружина; 7 — подшипник выключения сцепления; 8 — первичный вал коробки передач; 9 — поролоновые кольца; 10 — муфта выключения; 11 — шаровая опора вилки; 12 — кожух; 13 — вилка; 14 — шток рабочего цилиндра; 15 — соединительная пластина; 16 — рабочий цилиндр; 17 — штуцер прокачки; 18 — демпферная пружина; 19 — ступица ведомого диска

В этом случае секторы работают как пластинчатые пружины между ведомым диском и одной из фрикционных накладок. Также на плавность включения оказывает влияние упругость элементов в механизме выключения. С этих позиций сцепление с диафрагменной пружиной, у которой податливые лепестки выполняют функции рычагов выключения, предпочтительнее, чем сцепление с периферийными пружинами, у которого выключение осуществляется жесткими рычагами.

Чистота выключения. Полное отсоединение двигателя от трансмиссии достигается получением гарантированного зазора между поверхностями трения при полностью выжатой педали сцепления. Для двухдискового сцепления имеется специальное устройство для принудительного перемещения внутреннего ведущего диска в положение, при котором оба ведомых диска находятся в свободном состоянии (рис. 3.7).

Предохранение трансмиссии от динамических нагрузок. Динамические нагрузки в трансмиссии могут быть единичными (пиковыми) и периодическими. Пиковые нагрузки возникают при резком изменении угловой скорости трансмиссии, например при включении сцепления броском педали, при наезде на неровность. Чтобы не произошло поломки в трансмиссии, сцепление должно ограничить предельное значение нагрузки путем пробуксовки.

Периодические нагрузки (крутильные колебания) возникают в результате неравномерности крутящего момента двигателя. Для гашения крутильных колебаний трансмиссии в ведомом диске сцепления устанавливают гаситель крутильных колебаний (рис. 3.8). Ступица ведомого диска и сам ведомый диск связаны между собой не жестко, а через пружины гасителя. Колебания, возникающие в трансмиссии, вызывают относительное угловое смещение ведомого диска и его ступицы за счет деформации пружин гасителя, а это смещение сопровождается трением фрикционных элементов гасителя. Таким образом, гашение крутильных колебаний происходит за счет сил трения. Кроме того, гаситель, изменяя жесткость трансмиссии, не допускает возможности наступления резонанса в трансмиссии, выводя резонансные частоты за область рабочих частот двигателя.

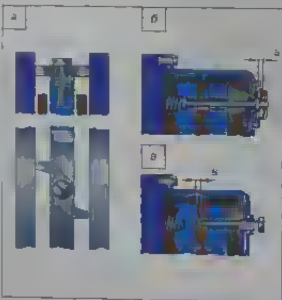


Рис. 3.7. Устройство, обеспечивающее гарантированный зазор между поверхностями трения: а — рычажное; б, в — со штоком и пружиной; S — рабочий зазор

Применение двухмассовых маховиков в конструкции двигателя позволило перенести гаситель крутильных колебаний из ведомого диска в маховик. Такое конструктивное решение позволяет упростить сцепление, снизить момент инерции ведомого диска и, следовательно, уменьшить нагрузки на элементы управления коробкой передач. Впервые подобные сцепления появились в 1985 г.

Поддержание нажимного усилия в заданных пределах в процессе эксплуатации. В процессе эксплуатации в результате износа фрикционных накладок нажимной диск перемещается в сторону маховика, изменяя жесткость пружин сцепления. В сцеплении с периферийными пружинами, которые имеют линейную упругую характеристику (рис. 3.9), это приводит к снижению нажимного усилия и передаваемого момента трения вплоть до наступления пробуксовывания сцепления.

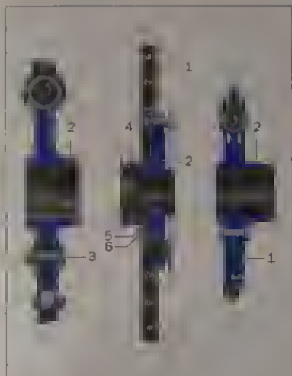


Рис. 3.8. **Гаситель крутильных колебаний:** 1 — диск; 2 — ступица; 3 — сухарь; 4 — пружина; 5 — стальная шайба; 6 — фрикционная шайба

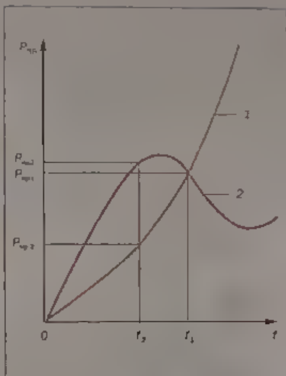


Рис. 3.9. **Графики упругих характеристик пружин:** 1 — сцепление с периферийными пружинами, 2 — сцепление с диафрагменными пружинами

В сцеплениях с диафрагменной пружиной, которая имеет нелинейную упругую характеристику, усилие при износе накладок поддерживается примерно постоянным.

Применение диафрагменной пружины позволяет упростить конструкцию, так как примерно вдвое сокращается число деталей, уменьшается размер сцепления, а пружина выполняет еще и функцию рычагов выключения. Диафрагменная пружина обеспечивает равномерное распределение усилия по всей накладке. Важным преимуществом диафрагменной пружины, по сравнению с периферийными, является то, что при повышении угловой скорости маховика центробежные силы не искажают ее характеристику. Кроме того, как видно из рис. 3.9, при выключении сцепления усилие пружины снижается, что облегчает управление сцеплением. В некоторых конструкциях с диафрагменной пружиной выпуклая сторона пружины направлена внутрь сцепления. Это позволяет несколько уменьшить ширину агрегата, но усложняет конструкцию выжимного элемента и привода.

Первоначально диафрагменная пружина появилась в сцеплениях легковых автомобилей. Долгое время применение ее в сцеплениях грузовых автомобилей сдерживалось технологической сложностью изготовления пружины большого диаметра.

ПРИВОД СЦЕПЛЕНИЯ

Привод фрикционного сцепления может быть механическим, гидравлическим или электромагнитным. На большинстве автомобилей применяются механические и гидравлические приводы. Электромагнитный привод применяется редко, в основном при необходимости автоматизации процесса управления сцеплением. Для облегчения управления на некоторых автомобилях в приводе сцепления используют пневматические и вакуумные усилители

В качестве привода сцепления небольших легковых автомобилей часто используют механический тросовый привод. Его преимуществами являются простота и дешевизна. Однако износ фрикционных накладок при таком типе привода приводит к изменению положения педали сцепления. Поэтому в конструкции тросового привода обычно предусмотрена возможность ручной или автоматической регулировки.

Гидравлический привод сцепления использует свойство несжимаемости жидкости. В качестве рабочей жидкости используют такую же, что и в гидравлическом тормозном приводе (см. гл. 5). Привод имеет главный и рабочий цилиндры, соединенные между собой трубопроводом. Плунжер рабочего цилиндра через толкатель действует на вилку выключения сцепления, связанную с выжимным подшипником. Для удаления воздуха из привода в цилиндрах гидравлического привода установлены специальные клапаны.

Иногда в гидравлическом приводе сцепления устанавливают демпфирующее устройство, которое гасит колебания, возникающие при взаимодействии выжимного подшипника с элементами выключения сцепления (см. рис. 3.9).

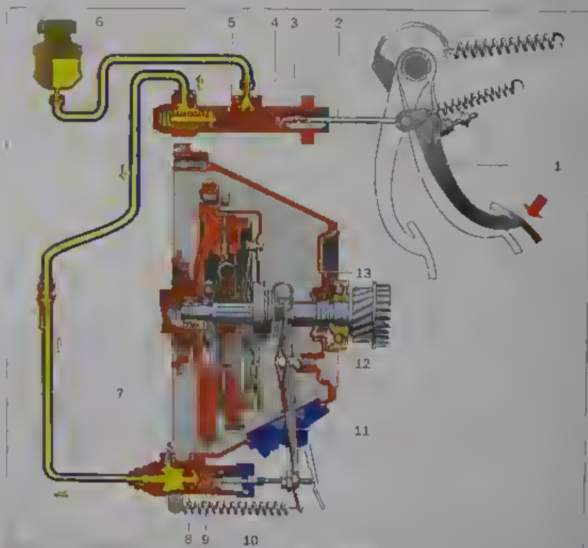


Рис. 3.10 а. **Схема гидравлического привода сцепления:** 1 — педаль; 2 — толкатель; 3 — главный цилиндр; 4 — поршень толкателя; 5 — поршень главного цилиндра; 6 — бачок; 7 — трубопровод; 8 — рабочий цилиндр; 9 — поршень; 10 — пружина; 11 — вилка; 12 — опора вилки; 13 — выжимной подшипник

Коробка передач (рис. 3.10 б) предназначена для изменения в широком диапазоне крутящего момента, а следовательно, и тягового усилия на ведущих колесах автомобиля и скоростей движения, для обеспечения движения задним ходом, а также для длительного разобщения двигателя от ведущих колес при работе двигателя на холостом ходу.
К коробке передач предъявляются следующие требования:

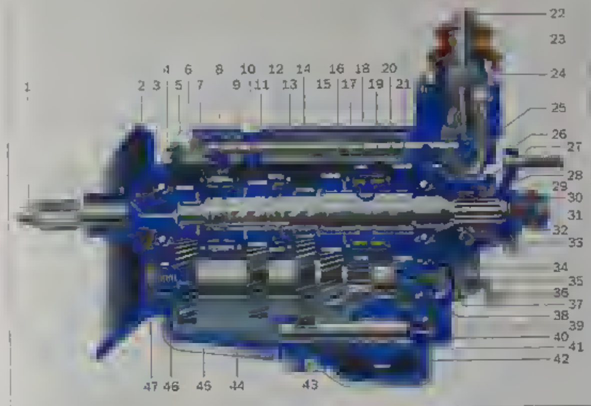


Рис. 3.10 б. **Коробка передач Иж-2126:** 1 – первичный вал; 2 – картер сцепления; 3 – задний подшипник первичного вала; 4 – болт крепления верхней крышки; 5 – верхняя крышка; 6 – передний подшипник вторичного вала; 7 – блокирующее кольцо синхронизатора включения передачи; 8 – ступица III-IV передач; 9 – муфта III-IV передач; 10 – шестерня III передачи; 11 – стопорное кольцо; 12 – ступица V передачи; 13 – муфта V передачи; 14 – шестерня V передачи; 15 – шестерня II передачи; 16 – роликовый подшипник; 17 – шпонка; 18 – муфта-шестерня заднего хода; 19 – блокирующее кольцо синхронизатора включения II передачи; 20 – ступица I-II передач; 21 – шестерня I передачи; 22 – стержень рычага переключения передач; 23 – чехол рычага; 24 – рычаг переключения передач; 25 – задний подшипник вторичного вала; 26 – фланец эластичной муфты карданной передачи; 27 – ведущая шестерня привода спидометра; 28 – сальник вторичного вала; 29 – гайка фланца эластичной муфты; 30 – центрирующее кольцо; 31 – вторичный вал; 32 – уплотнитель; 33 – грязеотражатель; 34 – шайба; 35 – задний болт промежуточного вала; 36 – болт крепления кронштейна задней опоры силового агрегата; 37 – гайка шпильки крепления задней крышки; 38 – задний подшипник промежуточного вала; 39 – задняя крышка коробки передач; 40 – прокладка задней крышки; 41 – игольчатый подшипник; 42 – промежуточная шестерня заднего хода; 43 – ось промежуточной шестерни; 44 – промежуточный вал; 45 – картер коробки передач; 46 – передний подшипник промежуточного вала; 47 – болт переднего подшипника промежуточного вала

обеспечение оптимальных тягово-скоростных свойств автомобиля при заданной характеристике двигателя;
- бесшумность в работе и переключении передач;
- легкость управления;
- высокий КПД.

С появлением первых моторных экипажей появилась необходимость применения устройств для изменения передаточного отношения от двигателя к колесам. Применявшиеся вначале ременные передачи, скопированные со станков, оказались несостоятельными и очень скоро стали вытесняться зубчатыми передачами. Первой подобной коробкой, получившей широкое распространение на автомобилях, была коробка передач со скользящими шестернями, которые могли перемещаться на квадратном или шлицевом вале, для того чтобы входить в зацепление с шестернями, установленными на другом, параллельном первому, вале. Она сконструирована инженером Эмилем Левассором во Франции и в 1891 г. была установлена на автомобиле «Панар-Левассор».

По принципу действия коробки передач различают ступенчатые, бесступенчатые и комбинированные. Ступенчатые коробки передач имеют механический привод перемещения шестерен по валам, а бесступенчатые позволяют изменять крутящий момент на ведущих колесах, не меняя положение педали «газа».

На большинстве легковых и грузовых автомобилях устанавливают **ступенчатые коробки передач**. Ступенчатые коробки передач могут иметь разное число применяемых валов. Долгое время на автомобилях применялись только трехвальные коробки передач. Крутящий момент от двигателя передается с помощью сцепления на ведущий вал (первичный) коробки передач, на котором имеется шестерня. Параллельно ведущему валу располагается промежуточный вал с набором соединенных с ним шестерен. Ведущий вал находится на одной оси с ведомым (вторичным) валом и может быть соединен с ним напрямую для получения прямой передачи с передаточным числом, равным единице. Кроме того, одна из шестерен промежуточного вала находится в постоянном зацеплении с шестерней ведущего вала, а другие — со свободно вращающимися на ведомом вале шестернями. Для движения автомобиля задним ходом необходимо добавить еще одну шестерню между шестерней промежуточного и шестерней ведомого вала, что позволит ведомому валу изменить направление своего вращения. Для переключения передач необходимо обеспечить возможность жесткого соединения отдельных шестерен ведомого вала непосредственно с самим валом. На практике задача переключения передач оказалась не такой простой. Для безударного включения передач необходимо, чтобы угловые скорости вращения шестерен на ведомом вале и скорость самого вала были равны. Переключение передач на первых автомобилях было довольно трудной задачей, с которой могли справляться только опытные водители, которые могли сочетать управление автомобилем с четкой работой педалями сцепления, «газа» и рычагом переключения передач. Процесс переключения передач в механических трансмиссиях существенно упростился после изобретения синхронизатора.

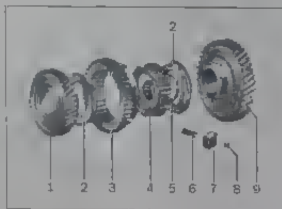


Рис. 3.11. **Конструкция синхронизатора:**
1 — шестерня II передачи; 2 — блокирующие кольца; 3 — скользящая муфта включения II и III передач; 4 — ступица; 5 — стопорное кольцо; 6 — пружина; 7 — сухарь; 8 — шарик; 9 — шестерня III передачи

Синхронизатор (рис. 3.11) — специальная фрикционная муфта, которая обеспечивает выравнивание угловых скоростей шестерни, свободно вращающейся на валу, с угловой скоростью самого вала и не допускает их соединения до момента, пока указанные скорости не сравняются.

В трехступенчатых коробках передач, выпускавшихся в 1940-х гг., синхронизаторы применялись между второй и высшей передачами, а переключение на первую передачу требовало двойного выжима сцепления (так называемая перегазовка). Сегодня современные ступенчатые коробки передач имеют синхронизаторы на всех передачах, независимо от количества ступеней.

Двухвальные коробки передач применяются в переднеприводных и заднеприводных (с задним расположением двигателя) автомобилях. Конструктивно их совмещают в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом.

Поперечное расположение коробки передач (рис. 3.12) позволяет применять главную передачу с цилиндрическими шестернями. При продольной компоновке (рис. 3.13) применяется главная передача с коническими или гипоидными шестернями; последняя является более сложной в изготовлении и регулировке.

Основные достоинства двухвальных коробок передач:

— простота конструкции;
— малая масса;
— высокий КПД на промежуточных передачах (при передаче крутящего момента участвует только одна пара шестерен).

В то же время в двухвальной коробке передач нет прямой передачи (когда в передаче крутящего момента не участвуют шестерни) и максимальный КПД на высшей передаче ниже, чем на прямой передаче трехвальной коробки.

Максимальное передаточное число одной зубчатой пары коробки передач не должно превышать некоторого предела, близкого к 4, превышение которого приводит к увеличению габаритов и повышению уровня шума. Это ограничивает область применения двухвальных коробок передач только легковыми автомобилями малого класса.

Если двигатели с такими коробками устанавливаются поперечно в передней части автомобиля, то для конструкторов двухвальных коробок передач увеличение числа передач, а следовательно, и числа пар шестерен, представляет определенные трудности. Продольная коробка передач может быть легко увеличена по длине для размещения дополнительных передач. Поперечно расположенный двигатель и коробка передач имеют ограничение по ширине, определяющееся расстоянием между колесными арками автомобиля. Так, конструкторы компании Volvo столкнулись с этой проблемой, когда потребовалось установить поперечно на автомобиле Volvo 850 пятицилиндровый двигатель. Эта проблема была решена за счет использования в конструкции коробки передач M56 дополнительного третьего вала. Два вала являются вторичными валами, на одном установлены промежуточные шестерни для первой и второй передач, а на другом — промежуточные для пятой и задней. Промежуточные шестерни для третьей и четвертой установлены на первичном вале. Коробка передач имеет пять передач, три вала и два комплекта шестерен. За счет уменьшения числа шестерен на отдельном вале появилась возможность выполнить валы короче, что позволило уменьшить длину коробки (до 335 мм) и увеличить их жесткость. При этом снижается шум при работе коробки и повышается ее долговечность. В настоящее время Volvo выпускает еще более короткую коробку передач с четырьмя валами.

Трехвальные коробки передач (рис. 3.14) характеризуются наличием прямой передачи. При этом на прямой передаче трехвальная коробка имеет более высокий КПД, чем двухвальная, так как в этом случае уменьшаются потери на трение. На остальных передачах трехвальной коробки в зацеплении находится две пары зубчатых колес, в то время как у двухвальной — одна.

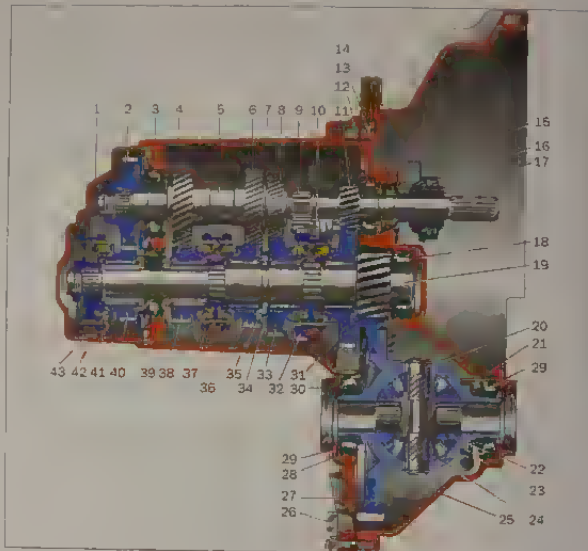


Рис. 3.12. Пятиступенчатая двухвальная коробка передач легкового автомобиля с поперечным расположением двигателя: 1 — задняя крышка картера коробки передач; 2 — ведущая шестерня V передачи; 3 — шариковый подшипник первичного вала; 4 — ведущая шестерня IV передачи первичного вала; 5 — первичный вал; 6 — ведущая шестерня III передачи первичного вала; 7 — картер коробки передач; 8 — ведущая шестерня II передачи первичного вала; 9 — шестерня заднего хода; 10 — промежуточная шестерня заднего хода; 11 — ведущая шестерня I передачи первичного вала; 12 — роликовый подшипник первичного вала; 13 — сальник первичного вала; 14 — сапун; 15 — фланец муфты; 16 — подшипник выключения сцепления; 17 — направляющая втулка муфты; 18 — роликовый подшипник вторичного вала; 19 — вторичный вал; 20 — ось сателлитов; 21 — ведущая шестерня привода спидометра; 22 — шестерня полуоси; 23 — коробка дифференциала; 24 — сателлит; 25 — картер сцепления; 26 — пробка для слива масла; 27 — ведомая шестерня главной передачи; 28 — регулировочное кольцо; 29 — роликовый конический подшипник дифференциала; 30 — сальник полуоси; 31 — ведомая шестерня I передачи вторичного вала; 32 — синхронизатор I и II передач; 33 — ведомая шестерня II передачи вторичного вала; 34 — стопорное кольцо; 35 — упорное полукольцо; 36 — ведомая шестерня III передачи вторичного вала; 37 — синхронизатор III и IV передач; 38 — ведомая шестерня IV передачи вторичного вала; 39 — шариковый подшипник вторичного вала; 40 — ведомая шестерня V передачи вторичного вала; 41 — синхронизатор V передачи; 42 — игольчатый подшипник; 43 — вилка переключения передач

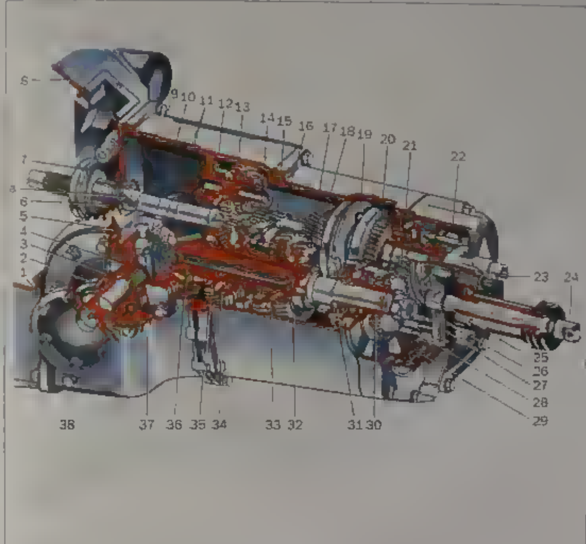


Рис. 3.13. **Конструкция двухвальной пятиступенчатой коробки передач при переднем приводе и продольном расположении двигателя (Москвич-2141):** 1 — фланец полуоси; 2 — подшипник дифференциала; 3 — ведущая шестерня редуктора привода спидометра; 4 — коробка дифференциала; 5 — ведомая шестерня главной передачи; 6 — манжета (сальник); 7 — подшипник выключения сцепления; 8 — картер сцепления; 9 — первичный вал; 10 — сателлит; 11 — полуосевые шестерни; 12 — ось промежуточной шестерни заднего хода; 13 — промежуточная шестерня заднего хода; 14 — шестерня передачи заднего хода первичного вала; 15 — шестерня I передачи первичного вала; 16 — синхронизатор I и II передач; 17 — шестерня II передачи первичного вала; 18 — ведущая шестерня III передачи; 19 — синхронизатор III и IV передач; 20 — ведущая шестерня IV передачи; 21 — ведущая шестерня V передачи; 22 — синхронизатор V передачи; 23 — выключатель света заднего хода; 24 — вал переключателя передач; 25 — переключатель передач; 26 — шток вилок переключения V передачи и заднего хода; 27 — шток вилок переключения III и IV передач; 28 — шток вилок включения I и II передач; 29 — плунжер; 30 — ведомая шестерня V передачи; 31 — ведомая шестерня IV передачи; 32 — ведомая шестерня III передачи; 33 — ведомая шестерня II передачи; 34 — ведомая шестерня I передачи; 35 — ведомая шестерня заднего хода; 36 — ведущая шестерня главной передачи; 37 — картер главной передачи; 38 — пробка маслосливного отверстия; а — отверстие-сапун

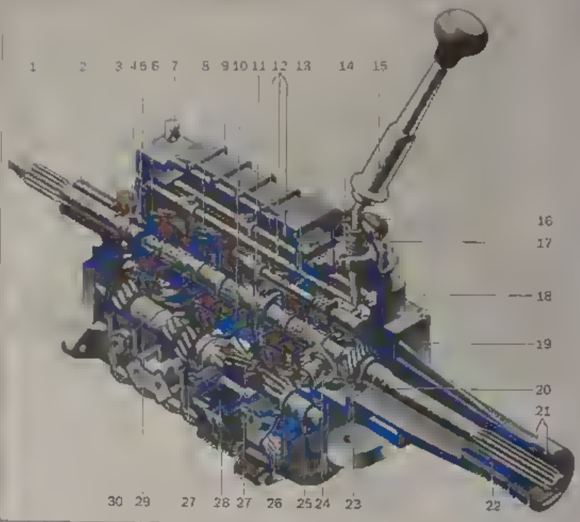


Рис. 3.14. **Трехвальная коробка передач:** 1 — первичный вал; 2 — крышка подшипника, 3 — выключатель света заднего хода; 4 — манжета первичного вала; 5 — задний подшипник первичного вала; 6 — шестерня привода промежуточного вала; 7 — сапун; 8 — шестерня III передачи; 9 — передний картер; 10 — шестерня I передачи; 11 — шестерня заднего хода; 12 — штоки переключения передач; 13 — шарик-фиксатор; 14 — пружина; 15 — рычаг переключения; 16 — защитный уплотнитель; 17 — колпак рычага; 18 — корпус рычага переключения, 19 — задний картер, 20 — вторичный вал; 21 — манжеты удлинителя заднего картера, 22 — сталебаббитовая втулка; 23 — шестерня привода спидометра; 24 — привод спидометра, 25 — задний подшипник промежуточного вала; 26 — шестерня V передачи, 27 — болты крепления оси промежуточной шестерни заднего хода; 28 — промежуточная шестерня заднего хода; 29 — промежуточный вал; 30 — маслозаливная пробка

Многие легковые автомобили с мощными двигателями сейчас комплектуются шестиступенчатыми коробками передач. Для повышения жесткости картера коробки передач широко применяют оребрение. Применение новых технологий и материалов дает возможность уменьшить массу коробок передач, а создание новых синхронизаторов обеспечивает улучшение легкости включения передач.

Многовальные коробки передач представляют собой четырех-шестиступенчатую трехвальную коробку передач со встроенным или совмещенным редуктором. Редуктор может быть повышающим или понижающим. Повышающий редуктор (делитель) устанавливает

ся перед коробкой передач и предназначен для уменьшения разрыва между передаточными числами соседних передач, значительно увеличивая диапазон. Делитель имеет обычно две передачи — прямую и повышающую, что позволяет увеличить число передач вдвое.

Понижающий редуктор (демультипликатор) размещается за коробкой передач. Демультипликатор выполняют двух- или трехступенчатым и обычно с большим передаточным числом, благодаря чему еще больше расширяется диапазон возможных передаточных чисел.

Механизм переключения передач должен обеспечить четкое переключение, надежную фиксацию включенной передачи и предотвратить возможность одновременного включения нескольких передач. В его состав входят штоки, вилки и фиксаторы. В приводе включения применяют рычаги, тросы и в последнее время гидростатический привод. Для уменьшения трения ползуны механизма переключения покрывают тефлоном или применяют игольчатые подшипники в шарнирах.

КАРДАННАЯ ПЕРЕДАЧА

В трансмиссиях автомобилей карданные передачи применяются для передачи моментов между валами, оси которых не лежат на одной прямой и изменяют свое положение в пространстве. В общем случае, карданная передача состоит из карданных валов, карданных шарниров, промежуточных опор и соединительных устройств (рис. 3.15).

По компоновке карданные передачи классифицируются на закрытые и открытые.

Закрытая карданная передача размещается внутри трубы. Труба может воспринимать силы и реакции, возникающие на ведущем мосту, и служить направляющим элементом подвески (см. гл. 4). В такой карданной передаче применяется только один шарнир, а неравно-

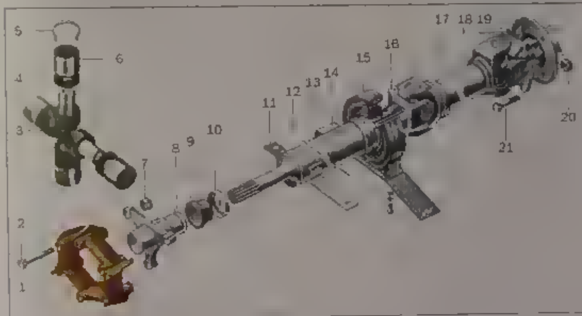


Рис. 3.15. **Карданная передача**: 1 — эластичная муфта; 2 — болт крепления эластичной муфты к фланцу; 3 — крестовина; 4 — сальник; 5 — стопорное кольцо; 6 — подшипник крестовины; 7 — гайка; 8 — фланец эластичной муфты; 9 — сальник; 10 — обойма сальника; 11 — кронштейн безопасности; 12 — болт крепления кронштейна к промежуточной опоре; 13 — передний карданный вал; 14 — кронштейн промежуточной опоры; 15 — промежуточная опора; 16 — вилка переднего карданного вала; 17 — задний карданный вал; 18 — вилка заднего карданного вала; 19 — фланец ведущей шестерни главной передачи; 20 — гайка; 21 — болт крепления вилки



Рис. 3.16 **Конструкция промежуточной опоры:** 1 — вилка, 2 — упругая подушка; 3 — подшипник промежуточной опоры

мерность вращения карданного вала компенсируется его упругостью. Известны конструкции, в которых роль карданного вала выполняет торсион (упругий вал небольшого диаметра), при этом карданные шарниры отсутствуют.

Открытая передача не имеет трубы, и реактивный момент воспринимается рессорами или реактивными тягами. Карданная передача должна иметь не менее двух шарниров и компенсирующее звено, так как расстояние между соединенными агрегатами в процессе движения изменяется. На длиннобазных автомобилях применяют карданную передачу, состоящую из двух валов. Этим исключается возможность совпадения критической угловой скорости вала с эксплуатационной. Уменьшение длины вала повышает его критическую частоту вращения, которая должна как минимум в 1,5 раза превышать максимально возможную при эксплуатации. Конструкция карданной передачи с двумя валами требует применения промежуточной опоры одного из валов (рис. 3.16), подшипник которой для компенсации возможного осевого перемещения силового агрегата на раме или кузове установлен в эластичном кольце.

Карданные шарниры при всем многообразии конструкций и по кинематическим характеристикам и допустимым углам между валами могут быть классифицированы так, как это показано на рис. 3.17.

Карданный шарнир неравных угловых скоростей был изобретен в XVI в. итальянским математиком Джироламо Кардано и первоначально нашел применение для подвешивания фонарей в экипажах. Позже английский ученый Роберт Гук дал математическое описание кинематики данного механизма.

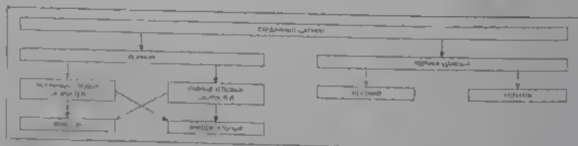


Рис. 3.17 **Классификация карданных шарниров**

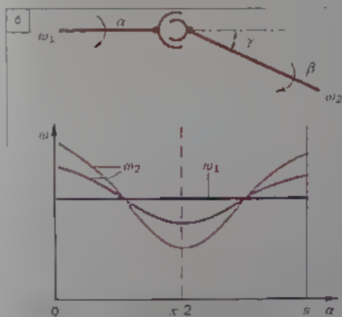


Рис. 3.18. Детали карданной передачи (а) и график зависимости угловых скоростей (б): 1 — шлицевая вилка; 2 — П-образная пластина; 3 — стопорная шайба, 4 — крестовина; 5 — вилка заднего карданного вала; 6 — задний карданный вал; 7 — фланец ведущей шестерни главной передачи; 8 — задний карданный шарнир; 9 — игольчатый подшипник; 10 — стопорное кольцо; 11 — болт; 12 — уплотнительное кольцо; α — угол поворота ведущего вала; β — угол поворота ведомого вала; γ — угол между валами



Рис. 3.19. **Карданный шарнир неравных угловых скоростей**

Анализ схемы карданного шарнира показывает, что при постоянной угловой скорости ведущего вала ведомый вращается циклически (рис. 3.18): за один оборот дважды отстает и дважды обгоняет ведущий вал. При этом с увеличением угла γ между валами неравномерность вращения интенсивно возрастает. Для того чтобы карданная передача с шарнирами неравных угловых скоростей передавала синхронное вращение между валами соединенных агрегатов, она должна состоять из нескольких шарниров, взаимное расположение которых будет компенсировать неравномерную передачу вращения каждого шарнира. По этой причине минимальное количество шарниров должно быть равно 2. При этом в карданной передаче с двумя шарнирами необходимо соблюдение следующих компановочных требований:

- ведущие вилки расположены под углом 90° одна относительно другой;
- углы между валами в обоих шарнирах γ_1 и γ_2 равны между собой;
- все валы лежат в одной плоскости.

Для карданных передач, имеющих число шарниров неравных угловых скоростей более трех, синхронность вращения валов соединенных агрегатов достигается определенным соотношением углов между валами всех шарниров, при этом соотношение зависит от числа шарниров. Карданный шарнир неравных угловых скоростей (рис. 3.19) состоит из двух вилок, в цилиндрические отверстия которых вставлены концы крестовины. Вилки жестко закреплены на валах. При вращении валов концы крестовины перемещаются относительно плоскости, перпендикулярной к оси вала.

Крестовина карданного шарнира должна строго центрироваться для исключения переменного дисбаланса карданного вала при его вращении. Центрирование достигается точной фиксацией обойм подшипников при помощи стопорных колец или крышек, которые прикрепляются к вилкам шарнира. Минимальный угол между валами должен быть не менее 2°, иначе цапфы крестовин деформируются иглами и шарнир быстро разрушается (явление бринеллирования).

Развитие конструкций карданных шарниров неравных угловых скоростей шло по пути снижения потерь, связанных с вращениями концов крестовины в отверстиях вилок. В конструкциях первых шарниров концы крестовины устанавливались на подшипниках скольжения. С учетом того что в трансмиссии многоосных автомобилей число шарниров может превышать два десятка, применение в них подшипников скольжения может существенно снижать общий КПД трансмиссии. В карданных шарнирах современных автомобилей применяются только игольчатые подшипники качения.

В прежних конструкциях применялась смазка, которую было необходимо периодически обновлять через специальную масленку. Карданные шарниры современных автомобилей обычно заправляются высококачественной пластичной смазкой при сборке и в эксплуатации ее не заменяют.

ПОЛУКАРДАННЫЕ ШАРНИРЫ

Упругие полукарданные шарниры допускают передачу крутящего момента между двумя валами, расположенными под некоторым углом друг к другу. Это достигается за счет деформации упругого звена, связывающего оба вала. Упругое звено может быть резиновым или резинотканевым, усиленным высокопрочными искусственными нитями или стальным тросиком.

Упругая муфта Гуибо (рис. 3.20) представляет собой предварительно сжатый резиновый упругий шестигранный элемент с привулканизированными металлическими вкладышами. Резина лучше работает на сжатие, чем на растяжение, поэтому предварительное напряже

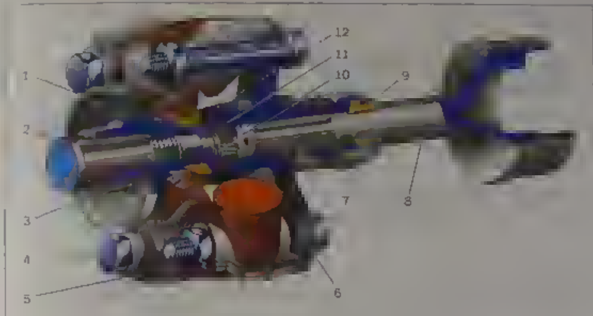


Рис. 3.20. **Упругая муфта Гуибо:** 1 — гайка; 2 — ведомый вал коробки передач; 3 — шайба стопорная; 4 — болт (3 шт.); 5, 6 — фланцы муфты; 7 — обойма; 8 — карданный вал; 9 — сальник; 10 — стопорное кольцо; 11 — центрирующее кольцо; 12 — уплотнитель

ние снижает напряжение растяжения при передаче через шарнир крутящего момента. Эта муфта отличается хорошим демпфированием крутильных колебаний и конструктивных стуков. Кроме того, она допускает угол между соединяемыми валами до 8° и осевое перемещение до ±12 мм, а также исключает необходимость обслуживания. Применение такой муфты в высокооборотных трансмиссиях требует установки центрирующего элемента.

Жесткий карданный шарнир, предназначенный для компенсации неточностей монтажа, имеет существенные недостатки: шум при работе, низкую долговечность, трудоемкость изготовления. По указанным причинам на автомобилях применяются крайне редко.

ШАРНИРЫ РАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ

Передние ведущие колеса полноприводных и переднеприводных автомобилей являются также и управляемыми, т. е. должны поворачиваться, что требует использования между колесом и полуосью шарнирного соединения. Рассмотренные выше карданные шарниры неравных угловых скоростей передают вращение циклически и работают при небольших значениях углов между валами, что делает в этом случае их применение проблематичным. В этих условиях нашли применение синхронные шаровые сочленения, называемые шарнирами равных угловых скоростей (ШРУС). В переднеприводном автомобиле обычно используются два внутренних таких шарнира (связаны с коробкой передач) и два внешних (крепятся к колесам). Устройство этих шарниров можно представить так: в каждом шарнире имеются две главные детали — корпус и обойма, одна в другой. В этих деталях выполнены канавки с шариками, которые, по сути дела, жестко соединяют обе сферические детали, через них и передается вращение от двигателя к колесу. В то же время, двигаясь в канавках, шарики позволяют одной сферической детали поворачиваться относительно другой и при этом осуществлять поворот колеса. При всем многообразии конструктивных решений, в шарнирах равных угловых скоростей должен выдерживаться единый принцип: точки контакта, через которые передаются окружные силы, должны находиться в плоскости, проходящей через биссектрису угла между валами (в биссекторной плоскости) (рис. 3.21).

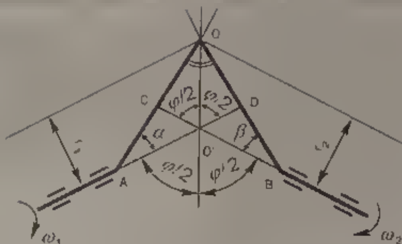


Рис. 3.21 **Схема ШРУСа:** ω_1, ω_2 — угловые скорости валов 1 и 2 соответственно; α, β — угол шарнира; О — точка контакта рычагов валов 1 и 2; r_1, r_2 — радиусы вращения рычагов вала 1 и вала 2 соответственно; ОО' — биссектриса угла φ

Это условие можно обеспечить различными способами. Простейшее решение — объединить два обычных карданных шарнира неравных угловых скоростей так, чтобы ведомая вилка одного служила ведущей вилкой другого. Такая конструкция получила название сдвоенного карданного шарнира.

Первые конструкции сдвоенных шарниров в 20-х гг. прошлого века были довольно громоздки, не оставляли в ступице переднего колеса места для тормозного механизма, который приходилось перемещать к картеру главной передачи. Однако со временем сдвоенные карданные шарниры совершенствовались, становились более компактными и продержались на легковых автомобилях до 60-х гг. Для сдвоенных шарниров на игольчатых подшипниках характерен усиленный износ этих подшипников и шипов крестовины, так как благодаря преимущественно прямолинейному движению автомобиля иглы подшипников не перекатываются, вследствие чего поверхности деталей, с которыми они соприкасаются, подвержены бринеллированию, а сами иглы иногда сплющиваются.

КУЛАЧКОВЫЕ КАРДАННЫЕ ШАРНИРЫ

В 1925 г. на переднеприводных автомобилях появляется шарнир «Тракта» (рис. 3.22а), состоящий из четырех штампованных деталей: двух втулок и двух фасонных кулаков, трущиеся поверхности которых подвергаются шлифованию. Если разделить по оси симметрии кулачковый карданный шарнир, то каждая часть будет представлять собой карданный шарнир неравных угловых скоростей с фиксированными осями качания (так же, как у сдвоенного карданного шарнира). В нашей стране был разработан кулачково-дисковый шарнир, который применяется на полноприводных грузовиках КрАЗ, Урал, КамАЗ. Шарнир (рис. 3.22б) состоит из пяти простых по конфигурации деталей: двух вилок, двух кулаков и диска.

Кулачковые шарниры благодаря наличию развитых поверхностей взаимодействующих деталей способны передавать значительный по величине крутящий момент при обеспечении угла между валами до 45°. Но трение скольжения между контактирующими поверхностями приводит к тому, что этот шарнир имеет самый низкий КПД из всех шарниров равных угловых скоростей. Следствием этого является значительный нагрев и задиры на деталях шарниров.

Недостатки сдвоенных шарниров и шарниров кулачкового типа были толчком к поиску новых решений, и в 1923 г. немецкий изобретатель Карл Вейс запатентовал шариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Вейс») (рис. 3.23).

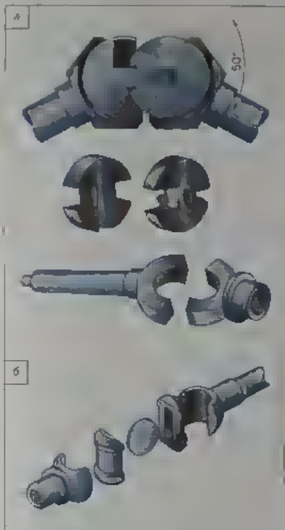


Рис. 3.22. **Кулачковые карданные шарниры: а — шарнир «Тракта», б — дисковый**

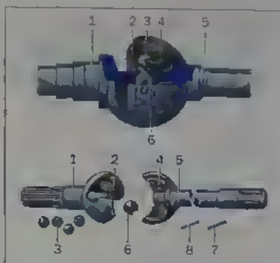


Рис. 3.23. **Шарнир с делительными канавками типа «Вейс»:** 1, 5 — валы; 2, 4 — кулаки; 3 — шарики; 6 — центрирующий шарик; 7, 8 — фиксирующие штифты

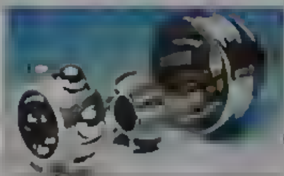


Рис. 3.24. **Шестишариковый шарнир с делительными канавками**

Особенностью этого шарнира является то, что при движении автомобиля вперед движение передается одной парой шариков, а задним ходом — другой парой. Передача усилий только двумя шариками при точечном контакте приводит к большим контактным напряжениям. Поэтому он обычно устанавливается на автомобили с нагрузкой на ось, не превышающей 30 кН. В годы Второй мировой войны подобные шарниры производства фирмы «Бендикс» устанавливались на такие автомобили, как Виллис, Студебекер, Додж. В отечественной практике они применяются на автомобилях УАЗ, ГАЗ-66.

Сочленения типа «Вейс» технологичны и дешевы в производстве, позволяют получать угол между валами до 32°. Но срок службы из-за высоких контактных напряжений обычно не превышает 30 тыс. км.

В 1927 г. появился шариковый шарнир с делительным рычажком. Шарнир технологически сложен, но он более компактен, нежели шарнир с делительными канавками, и может работать при углах между валами до 40°. Так как усилие в этом шарнире передается всеми шестью шариками, он обеспечивает передачу большого крутящего момента при малых размерах. Долговечность его достигает 100–200 тыс. км.

Дальнейшей эволюцией этого подхода является шестишариковый шарнир типа «Бирфильд» с делительными канавками (рис. 3.24).



Рис. 3.25. **Универсальный шестишариковый карданный шарнир (тип GKN):** 1 — стопорное кольцо корпуса внутреннего шарнира; 2 — защитное кольцо внутреннего шарнира; 3 — корпус внутреннего шарнира; 4 — упор вала; 5 — стопорное кольцо; 6 — обойма; 7 — шарик; 8 — упорное кольцо; 9 — сепаратор; 10 — наружный хомут; 11 — фиксатор внутреннего шарнира; 12 — защитный чехол; 13 — внутренний хомут; 14 — вал привода колеса; 15 — защитное кольцо наружного шарнира; 16 — корпус наружного шарнира

Такой шарнир может работать при угле между валами до 45°. Шарниры этого типа имеют высокую долговечность. Основной причиной преждевременного разрушения шарнира является повреждение эластичного защитного чехла. По этой причине автомобили высокой проходимости часто имеют уплотнение в виде стального колпака. Однако это приводит к увеличению габаритов шарнира и ограничивает угол между валами до 40°. Данный тип шарниров широко применяется в карданной передаче передних управляемых и ведущих колес современных автомобилей. Он устанавливается на наружном конце карданного вала: при этом на внутреннем конце необходимо устанавливать шарнир равных угловых скоростей, способный компенсировать изменение длины карданного вала при деформации упругого элемента подвески. Такие функции совмещает в себе универсальный шестишариковый карданный шарнир (тип GKN) (рис. 3.25).

Осевое перемещение обеспечивается перемещением шариков по продольным канавкам корпуса, при этом, требуемая величина перемещения определяет длину рабочей поверхности, что влияет на размеры шарнира. Максимальный допустимый угол наклона вала в данной конструкции ограничивается 20°. При осевых перемещениях шарики не перекатываются, а скользят, что снижает КПД шарнира.

ГЛАВНАЯ ПЕРЕДАЧА

Главная передача обеспечивает постоянное увеличение крутящего момента и передачу его на полуоси, расположенные под углом 90° к продольной оси автомобиля и далее к ведущим колесам.

По типу основных пар шестерен главные передачи разделяются на червячные, конические, гипоидные и цилиндрические.

Если главная передача имеет одну пару шестерен, то ее называют одинарной, если две пары — двойной.

Червячная главная передача (рис. 3.26), по сравнению с главными передачами других типов, имеет наименьшие габариты и наиболее бесшумна. Однако она имеет низкий КПД (0,9–0,92), трудоемка в изготовлении и требует применения для зубчатого венца дорогостоящей оловянистой бронзы. В связи с этим в настоящее время не применяется.

Коническая главная передача (рис. 3.27) начала широко применяться на автомобилях с 1913 г., когда фирма «Глиссон» разработала зацепление с круговым зубом. Конструктивной особенностью конической передачи является то, что вершины начальных конусов

ведущей и ведомой шестерен лежит в одной точке. Силы, действующие между шестернями такой передачи, стремятся нарушить правильность зацепления конических шестерен, и поэтому необходимо обеспечить достаточную жесткость всех элементов главной передачи: картера, валов, подшипниковых узлов. Здесь, как правило, применяются роликовые конические подшипники, которые устанавливаются с предварительным натягом. Для уменьшения влияния точности зацепления на работу зубчатой пары, радиус кривизны зуба ведущей шестерни выполняется несколько меньшим, чем радиус кривизны зуба ведомой шестерни.

Коническая передача имеет достаточно высокий КПД (0,97–0,98), так как между зубьями невелико трение скольжения. В то же время она имеет наибольшие габариты и является самой шумной из существующих передач.

Гипоидная главная передача (рис. 3.28) появилась на автомобиле в 1925 г. в результате стремления снизить центр масс автомобилей. Вначале ее применяли только на легковых автомобилях, но, когда проявились все достоинства гипоидной передачи, ее стали широко применять и на грузовиках. В отличие от конической в гипоидной передаче оси зубчатых колес не пересекаются. При этом ось ведущей шестерни смещена относительно оси ведомой шестерни, как правило, вниз.

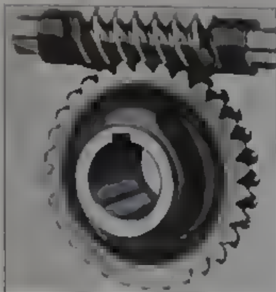


Рис. 3.26. **Червячная передача**



Рис. 3.27. **Коническая передача**

Основным достоинством гипоидной передачи являются: меньшие по сравнению с конической габариты; меньшая нагрузка на зуб и низкий уровень шума, так как в зацеплении постоянно находится большее, по сравнению с конической передачей, число зубьев, возможность влияния на компоновку автомобиля (понижение центра масс, уменьшение тоннеля в полу кузова, через который проходит карданная передача и т. д.). В то же время наличие смещения обусловливает присутствие в зацеплении повышенного трения скольжения, что снижает КПД до 0,96.

Цилиндрическая главная передача (рис. 3.29) применяется в переднеприводных автомобилях при поперечном расположении двигателя. В существующих конструкциях зубья цилиндрической передачи выполняются косыми или шевронными. Передаточное число обычно принимают равным 3,5–4,2. Увеличение передаточного числа выше указанного диапазона приводит к увеличению габаритов и уровня шума главной передачи. КПД цилиндрической пары наиболее высокий — не менее 0,98–0,99.

Двойные главные передачи (рис. 3.30) применяются на грузовых автомобилях при необходимости получения больших передаточных чисел. По компоновке они выполняются центральными и разделенными. Центральные двойные главные передачи представляют собой



Рис. 3.28. **Гипоидная главная передача: а — схема; б — конструкция:** 1 — картер заднего моста; 2 — полуось; 3 — гайка подшипников дифференциала; 4 — подшипник дифференциала; 5 — ведомая шестерня главной передачи; 6 — сапун; 7 — гайка; 8 — шайба; 9 — фланец ведущей шестерни; 10 — манжета; 11 — грязеотражатель; 12, 14 — подшипники ведущей шестерни; 13 — распорное кольцо; 15 — регулировочное кольцо; 16 — ведущая шестерня; 17 — картер редуктора; 18 — болт; 19 — стопорная пластина

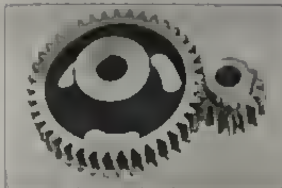


Рис. 3.29. **Цилиндрическая передача**

сочетание конической или гипоидной пары с цилиндрической, которые объединены в общем картере.

Разнесенные главные передачи состоят из центрального редуктора в виде конической или гипоидной пары и двух редукторов, размещенных в ступицах колеса (рис. 3.31) или близко к колесам.

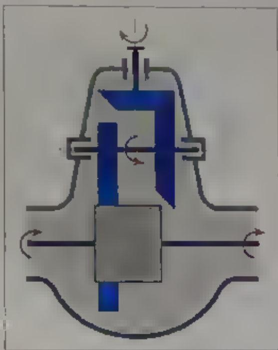


Рис. 3.30. **Двойная главная передача**

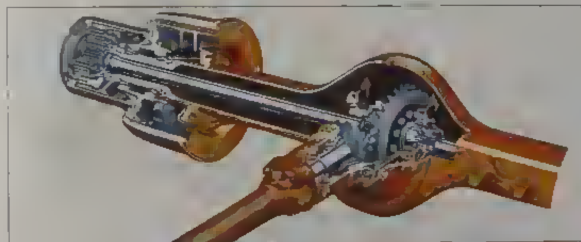
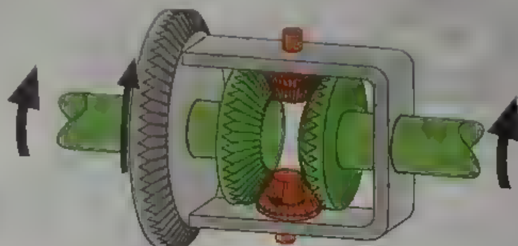


Рис. 3.31. **Ведущий мост грузового автомобиля с разнесенной главной передачей и колесными планетарными редукторами**

ДИФФЕРЕНЦИАЛ

При повороте автомобиля, все его колеса проходят разный по длине путь, и если между двумя ведущими колесами существует жесткая связь, они начнут проскальзывать. Скольжение колес при повороте приводит к повышенному расходу топлива, износу шин, нарушению устойчивости и т. п.

Дифференциал позволяет ведомым валам вращаться с разными угловыми скоростями и выполняет функции распределения подводимого к нему крутящего момента между колесами или ведущими мостами. Дифференциалы бывают межколесными и межосевыми (в случае установки между несколькими ведущими мостами).



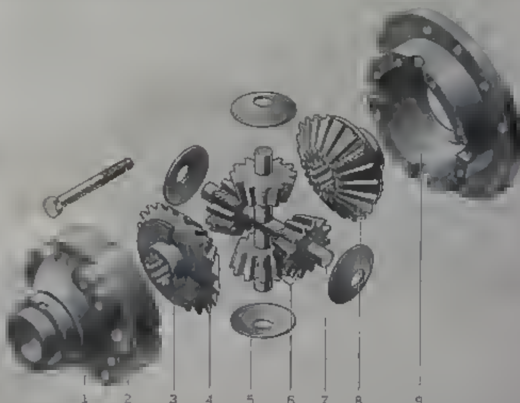


Рис. 3.32. **Схема работы (а) и детали (б) конического симметричного дифференциала:** 1 — коробка сателлитов дифференциала правая; 2 — болт коробки сателлитов, 3 — опорная шайба шестерни, 4, 8 — полуосевые шестерни; 5 — опорная шайба сателлита, 6 — сателлиты, 7 — ось сателлитов; 9 — левая коробка сателлитов дифференциала

Впервые дифференциал был применен в 1897 г. на паровом автомобиле. В настоящее время все автомобили имеют межколесные дифференциалы на ведущих мостах. Наиболее распространенным является конический симметричный дифференциал (рис. 3.32), включающий в себя корпус, сателлиты, ось сателлитов (или крестовину) и полуосевые шестерни. Обычно число сателлитов в дифференциалах легковых автомобилей — два, грузовых и внедорожных — четыре.

Симметричный дифференциал получил свое название за способность распределять подводимый момент поровну при любом соотношении угловых скоростей соединенных с ним валов. Применение такого дифференциала в качестве межколесного обеспечивает устойчивость при прямолинейном движении, а также при торможении двигателем на скользкой дороге.

Существенным недостатком обычного дифференциала является снижение проходимости автомобиля, если одно из его колес попадает в условия малого сцепления с опорной поверхностью. При этом на колесо, находящееся в нормальных сцепных условиях, нельзя подвести крутящий момент, превышающий тот, который может быть реализован на колесе, находящемся в условиях малого сцепления (это приводит к пробуксовке колеса). Для преодоления этого недостатка в некоторых конструкциях используются различные устройства, которые рассмотрены ниже (см. §22 раздел «Дифференциалы полноприводных автомобилей»).

§ 21

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ

Переключение передач на первых автомобилях было довольно трудным делом и требовало определенного навыка. Поэтому уже тогда появлялись конструкции автоматических трансмиссий. Некоторые изобретатели пытались автоматизировать механические коробки передач, создавая хитроумные устройства, копирующие действия водителя при переключении передач, другие создавали бесступенчатые трансмиссии, используя различные устройства (в основном фрикционные), которые могут плавно изменять крутящий момент.

Все такие конструкции, как правило, были сложными, ненадежными и малоэффективными, потому, что в те времена не существовало соответствующих технологий и надежных систем управления. По мере развития конструкций механических коробок передач, сцеплений, появления синхронизаторов, процесс управления механической коробкой упростился и теперь для переключения передач не требуется большого опыта. В то же время, рост интенсивности движения, особенно на улицах больших городов приводит к тому, что многие водители предпочитают автоматические трансмиссии, избавляющие их от постоянного управления сцеплением и коробкой передач.

Автоматические трансмиссии, позволяющие водителю управлять режимом движения с помощью только двух педалей: «газа» и тормоза, могут иметь коробку передач или не иметь ее. Ко второму типу относятся гидрообъемные и электрические трансмиссии, которые позволяют в определенном диапазоне получить любое передаточное число.

В гидрообъемной трансмиссии гидравлический насос, приводимый в действие от двигателя внутреннего сгорания, соединяется трубопроводами с гидродвигателями, которые приводят в действие ведущие колеса автомобиля. Гидростатический напор жидкости, создаваемый насосом, преобразуется в крутящий момент на валах гидродвигателей. Гидрообъемные трансмиссии не получили широкого распространения на автомобилях из-за низкого КПД и высокой стоимости, но довольно часто используются в дорожно-строительных машинах.

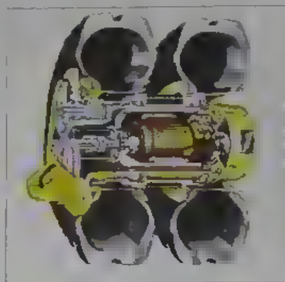


Рис. 3.33. Мотор-колесо автомобиля

В электрических трансмиссиях ведущие колеса автомобиля приводятся в действие электродвигателями, к которым от генератора подается электрический ток. Электродвигатель с редуктором может располагаться непосредственно внутри колеса. Такая конструкция носит название мотор-колеса (рис. 3.33).

Электрические трансмиссии в ближайшем будущем получат широкое распространение при переходе к альтернативным источникам энергии (см. гл. 8).

В автоматических трансмиссиях с коробками передач используются ступенчатые (автоматизированные), бесступенчатые (вариаторы) и комбинированные (гидромеханические) коробки передач.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Гидромеханическая передача (ГМП) успешно применяется на автомобилях уже более полувека и дает возможность заметно облегчить управление автомобилем.

Применение гидромеханической передачи на автомобиле позволяет получить следующие преимущества:

1. Обеспечение автоматизации переключения передач и отсутствие необходимости иметь педаль сцепления.
2. Повышение проходимости автомобиля в условиях бездорожья за счет отсутствия разрыва потока мощности при переключении передач.
3. Повышение долговечности двигателя и агрегатов трансмиссии за счет способности гидротрансформатора снижать динамические нагрузки.

В то же время как недостаток необходимо отметить потерю мощности и повышение расхода топлива за счет более низкого КПД ГМП по сравнению с автомобилем, имеющим механическую коробку передач.

Гидромеханическая передача включает в себя три основные части:

— гидротрансформатор;
— механическую коробку передач;
— систему управления.

На автомобилях ГМП впервые появилась в США: в 1940 г. коробка Hydramatic была установлена на автомобилях Oldsmobile. Справедливости ради необходимо отметить, что еще с начала 1930-х гг. на английских автобусах использовалась гидромеханическая трансмиссия Wilson, которая не была автоматической, но облегчала работу водителя. В настоящее время в США ГМП снабжаются 90 % легковых автомобилей, а также все городские автобусы и значительная часть грузовых автомобилей. В Европе массовое применение ГМП началось только в начале семидесятых годов прошлого века, когда эти передачи нашли применение в автомобилях Mercedes-Benz, Opel, BMW. В это же время в Европе строятся специализированные заводы по производству ГМП: фирма Borg-Warner строит завод в Англии (г. Летифорд), Ford — в г. Бордо (Франция), GM — в Страсбурге (Франция). В Японии появляются сразу два специализированных производства — Jatco и Aisin-Warner.

Гидротрансформатор (рис. 3.34; 3.35) был изобретен немецким профессором Феттингером в 1905 г. Прежде чем найти применение на автомобилях, гидротрансформатор использовался на судах и тепловозах.

Простейший гидротрансформатор, выполнен в виде камеры тороидальной формы и включает в себя три лопастных колеса: **насосное**, вал которого соединен с коленчатым валом двигателя; **турбинное**, соединенное с трансмиссией, и **реактор**, установленный в корпусе гидротрансформатора (рис. 3.36).

Гидротрансформатор заполняется специальной жидкостью. Каждое колесо имеет наружный и внутренний торцы, между которыми располагаются профилированные лопасти, образующие каналы для протока жидкости. Все колеса гидротрансформатора максимально приближены друг к другу, а вытеканию жидкости препятствует специальное уплотнение.



Рис. 3.34. **Схема гидротрансформатора:** 1 — блокировочная муфта; 2 — турбинное колесо; 3 — насосное колесо; 4 — реакторное колесо; 5 — механизм свободного хода



Рис. 3.35. **Внешний вид гидротрансформатора**

При вращении коленчатого вала двигателя вращается насосное колесо, которое перемещает жидкость, находящуюся между его лопастями. Жидкость не только вращается относительно оси гидротрансформатора, но и за счет воздействия на нее центробежных сил перемещается вдоль лопастей насосного колеса по направлению от входа к выходу, что сопровождается увеличением кинетической энергии потока. На выходе из насосного колеса поток жидкости попадает на турбинное колесо, оказывая силовое воздействие на его лопасти. Затем поток попадает в реактор, пройдя который, возвращается к входу в насосное колесо. Таким образом, жидкость постоянно перемещается по замкнутому кругу циркуляции, образованному проточными частями всех трех лопастных колес, и находится с ними в силовом взаимодействии. При этом насос передает энергию двигателя потоку, а тот, в свою очередь, — турбине.

Если бы между насосным и турбинным колесами отсутствовал реактор, то такая конструкция (гидромуфта) осуществляла бы перенос энергии от двигателя к трансмиссии гидравлическим способом, без возможности изменения крутящего момента. Расположенный между колесами гидротрансформатора неподвижный реактор, имеет лопасти специального профиля, которые изменяют направление потока жидкости, выходящей из турбинного колеса и направляют его под определенным углом на лопасти насосного колеса. Это позволяет значительно увеличить передаваемый от двигателя в трансмиссию крутящий момент.

Любой гидротрансформатор характеризуется определенным КПД, передаточным отношением, которое показывает соотношение угловых скоростей его колес, и коэффициентом трансформации, показывающим, во сколько раз увеличивается значение крутящего момен



Рис. 3.36. **Детали гидротрансформатора:** 1 — насосное колесо; 2 — турбинное колесо; 3 — крышки муфты свободного хода; 4 — часть корпуса гидротрансформатора; 5 — остатки рабочей жидкости с продуктами механического износа деталей; 6 — колесо реактора; 7 — муфта свободного хода реактора; 8 — упорная шайба турбинного колеса; 9 — упорный подшипник реактора; 10 — поршень блокировки гидротрансформатора

та. Максимальный коэффициент трансформации зависит от конструкции гидротрансформатора и может составлять до 2,4 (при неподвижном турбинном колесе). При увеличении частоты вращения вала двигателя увеличивается угловая скорость насосного и турбинного колес, а увеличение крутящего момента в гидротрансформаторе плавно уменьшается. Когда угловая скорость турбинного колеса приближается к угловой скорости насосного, поток жидкости, поступающей на лопасти реактора, изменяет свое направление на противоположное.

Для того чтобы реактор на этом режиме не создавал помех потоку жидкости, его устанавливают на муфте свободного хода, и он начинает свободно вращаться (гидротрансформатор переходит на режим гидромуфты), что позволяет, в свою очередь, снизить потери. Такие гидротрансформаторы называют комплексными.

КПД гидротрансформатора определяет экономичность его работы. Максимальное значение КПД гидротрансформатора может быть от 0,85 до 0,97, но обычно находится в диапазоне от 0,7 до 0,8. В комплексном гидротрансформаторе на режиме гидромуфты можно получить максимальное значение КПД — 0,97.

Изменение режимов работы гидротрансформатора происходит автоматически. Если увеличивать нагрузку на выходе из гидротрансформатора, то происходит уменьшение угловой скорости турбины, что приводит к увеличению коэффициента трансформации.

К сожалению, гидротрансформатор имеет малый диапазон передаточных чисел, не обеспечивает движения задним ходом, не разобщает двигатель от трансмиссии (необходима сложная система опорожнения проточных частей от рабочей жидкости). Поэтому за гидротрансформатором устанавливают специальную коробку передач, которая компенсирует

указанные недостатки. Такая гидромеханическая передача является бесступенчатой и позволяет получить любое передаточное число в заданном диапазоне.

В гидромеханических передачах в основном применяются механические планетарные коробки передач, которые легко поддаются автоматизации, но иногда используют и обычные ступенчатые коробки передач с автоматическим управлением.

Простая планетарная передача состоит из центральной, «солнечной», шестерни и наружной шестерни в виде кольца с внутренними зубьями, эти две шестерни связаны между собой посредством нескольких (обычно трех) шестерен-сателлитов, смонтированных на общей раме, которая называется водилом.

Для того чтобы планетарная передача изменяла крутящий момент, нужно обеспечить вращение одного из ее элементов («солнечной», коронной шестерни или водила), а один из элементов затормозить. В этом случае третий элемент будет вращаться с угловой скоростью, определяемой числом зубьев шестерен, входящих в планетарную передачу. Если одновременно затормозить два элемента, планетарная передача будет работать, как прямая с передаточным числом равным единице. Планетарная передача позволяет легко реверсировать вращение для получения заднего хода автомобиля. В то же время такие передачи достаточно компактны, обеспечивают возможность получения больших передаточных чисел и легко соединяются последовательно для получения большого числа ступеней. Для переключения передач достаточно просто затормаживать валы отдельных элементов планетарной коробки передач. Раньше в качестве тормозных устройств часто использовали ленточные тормоза, а в последнее время они практически вытеснены многодисковыми «мокрыми» сцеплениями — фрикционами. Существуют и более сложные варианты планетарных передач.

Первые американские ГМП легковых автомобилей имели двухступенчатую передачу, причем низшая передача включалась вручную. Однако впоследствии одной авто-







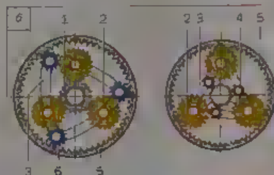


Рис. 3.37. **Простая планетарная передача (а):** А — солнечное колесо, В — эпицикл, С — сателлиты, D — водило, V — линейная скорость, **и схема планетарной передачи (б):** 1 — солнечная шестерня, 2, 4, 6 — сателлиты, 3 — водило, 5 — коронная шестерня

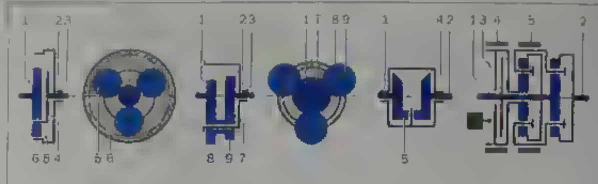


Рис. 3.38 **Варианты исполнения планетарных передач:** 1, 2, 3 — валы; 4 — водило; 5, 8, 9 — сателлиты; 6, 7 — коронное зубчатое колесо

матической передачи оказалось явно недостаточно и появились ГМП с двумя и тремя автоматическими передачами. Для повышения топливной экономичности, гидротрансформаторы стали делать блокирующимися — после разгона на высшей передаче насосное и турбинное колеса жестко соединялись фрикционной муфтой. Затем в конце 1980-х гг. блокировку гидротрансформатора стали применять на всех передачах, кроме первой.

Система автоматического управления обычно состоит из следующих подсистем:

— функционирования (гидравлические насосы, регуляторы давления);
— измерительная, собирающая информацию о параметрах управления;
— управляющая, вырабатывающая управляющие сигналы;
— исполнительная, осуществляющая управление переключением передач, работой двигателя;
— подсистема ручного управления;
— подсистема автоматических защит, предотвращающая возникновение опасных ситуаций.

Конец 80-х гг. ознаменовался повсеместным внедрением электроники. Она позволяет гораздо точнее выдерживать заданные моменты переключения (с точностью до 1 % вместо прежних 6–8 %). Появились дополнительные возможности: по характеру измене-

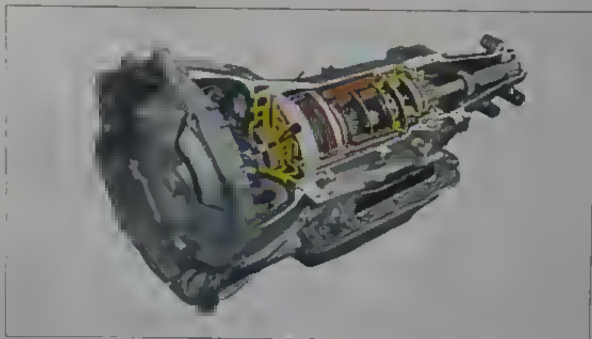


Рис. 3.39 **Современная четырехступенчатая ГМП автомобиля классической компоновки**

ния скорости при данной нагрузке на двигатель компьютер может вычислить массу автомобиля и ввести соответствующие поправки в алгоритм переключения. Электронное управление предоставило неограниченные возможности для самодиагностики, что позволило корректировать процессы управления в зависимости от многих параметров (от температуры и вязкости жидкости до степени износа фрикционных элементов).

Однако, как и прежде, многое зависит от выбора закона переключения и организации переходного процесса переключения передач, а также тщательного согласования их с характеристиками двигателя. Например, многие автомобили BMW, Audi, Jaguar имеют одинаковые по конструктивным особенностям автоматические коробки передач одной и той же фирмы Zanradfabrik (ZF), но они работают совершенно по-разному.



Рис. 3.40. **Гидромеханическая коробка передач 7G-Tronik — первая в мире семиступенчатая автоматическая коробка (Mercedes-Benz)**

Рис. 3.41. **Устройство коробки передач 7G-Tronik:** 1 — ведущий вал; 2 — фрикцион блокировки гидротрансформатора с гасителем крутильных колебаний; 3 — масляный насос с контролем давления; 4 — фрикционы и планетарные передачи; 5 — выходной вал; 6 — стояночный тормоз; 7 — селектор; 8 — электронный блок управления; клапаны и датчики, встроенные в поддон; 9 — электронный блок переключения передач; 10 — высокоскоростные соленоиды; 11 — гидротрансформатор

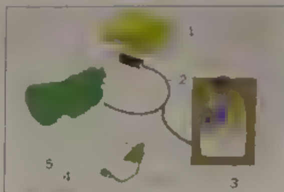


Рис. 3.42. **Основные элементы электронной системы управления:** 1 — блок управления; 2 — соединительный кабель; 3 — рычаг управления; 4 — электрический разъем; 5 — ГМП

С сентября 2003 г. на автомобили Mercedes-Benz класса E, S, SL и CL устанавливаются гидромеханические коробки передач 7G-Tronic (рис. 3.40). Эта семиступенчатая автоматическая коробка передач пришла на смену пятиступенчатому варианту ГМП. Новая ГМП позволила снизить расход топлива в среднем на 5 % в зависимости от модели автомобиля. Переключение передач происходит быстрее и более плавно.

Переключение передач осуществляется тремя многодисковыми тормозами, на которые оказывают воздействие гидравлические цилиндры. Давление в системе управления создает гидронасос с приводом от двигателя через насосное колесо гидротрансформатора. В нижнюю часть коробки устанавливается гидравлическое исполнительное золотниковое устройство, которое с помощью электромагнитных клапанов и по команде блока управления соединяет гидронасос с гидравлическими элементами сцепления и тормозов.

Основными элементами электронной системы управления являются электронный блок и рычаг управления. В правом секторе рычаг может занимать четыре позиции:

P — режим парковки;

R — задний ход;

N — нейтральная передача;

D — движение в режиме автоматического переключения передач.

При положении рычага в позиции D программа обеспечивает различные алгоритмы переключения в соответствии с сопротивлением движения, нагрузкой, положением педали «газа», дорожной ситуацией.

Алгоритмы управления соответствуют движению в различных условиях:

— движение с постоянной высокой скоростью;
— городской режим движения;
— горный режим движения;
— режим буксировки;
— движение на поворотах.

При перемещении рычага влево водитель переводит коробку передач в режим ручного переключения. Движением рычага вперед-назад — включение повышающей-понижающей передачи. Такое переключение передач принято называть секвентальным (последовательным). Электронный блок управления является адаптивным, он запоминает манеру вождения водителя и корректирует алгоритмы автоматического переключения передач.

КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ВАРИАТОРАМИ

Коробки передач с вариаторами являются бесступенчатыми и дают возможность получить в заданном ограниченном диапазоне любое передаточное число. Во многих странах такие коробки передач обозначают буквами CVT (Continuously Variable Transmission) — постоянно изменяющаяся трансмиссия. История использования вариаторов различных типов в трансмиссиях легковых автомобилей насчитывает почти сто лет. В настоящее время в автоматических коробках передач применяют клиноременные и тороидные вариаторы.

КЛИНОРЕМЕННЫЕ ВАРИАТОРЫ

Впервые на серийном автомобиле трансмиссия с клиноременным вариатором DAF Variomatic была использована в 1950 г. В трансмиссии Variomatic использовался бесконечный резиновый приводной ремень, зажатый между коническими поверхностями шкивов. Расстояние между двумя половинками шкивов изменялось, поэтому изменялся рабочий радиус ведущего шкива, а это в свою очередь заставляло изменить радиус ведомого шкива, половины которого сжимались пружиной. Такая конструкция обладала существенными недостатками. Резиновые ремни, расположенные под днищем автомобиля, быстро разрушались и их замена являлась довольно сложной операцией. Величина передаваемого крутящего момента была небольшой и поэтому такую конструкцию можно было применять только на автомобилях с маломощными двигателями. Кроме того, автомобиль с такой трансмиссией мог двигаться задним ходом с той же скоростью, что и вперед, а это было довольно опасно. Голландский инженер Ван Доорн усовершенствовал конструкцию клиноременного вариатора, заменив резиновый ремень стальным, состоящим из набора отдельных пластин специальной формы.

Принципиальным отличием этой конструкции являлся то, что такой ремень может передавать не только тяговые, но и толкающие усилия. Ван Доорн использовал свою разработку в конструкции трансмиссии Transmatic, которая могла передавать крутящие моменты величиной до 150 Н·м. Трансмиссии с вариаторами не имеют нейтральной передачи, и поэтому при остановке автомобиля необходимо отсоединять двигатель от трансмиссии с помощью какого-либо устройства. В трансмиссиях Variomatic и Transmatic для этой цели использовалось центробежное сцепление, которое автоматически выключалось и включалось. Трогание с места и остановка автомобилей с этими трансмиссиями сопровождались резкими рывками. Компания Subaru (Япония), использовавшая коробку передач с клиноременным вариатором на автомобиле Justy, применила электромагнитное порошковое сцепление с компьютерным управлением. Аналогичное решение использует и компания Nissan на автомобилях Micra с вариатором. Для ограничения скорости заднего хода применяют специальные ограничительные устройства.

Компания Honda разработала свою собственную конструкцию вариатора со стальным ремнем и шкивами. Для троганья с места и остановки используется многодисковое, мокрое сцепление, управляемое компьютером. Эта трансмиссия устанавливается на автомобиль среднего класса Civic, приводимый в движение 1,6-литровым двигателем, развивающим максимальный крутящий момент 140 Н·м. Среди особенностей трасмиссии следует отметить компьютерный контроль (от электронной системы управления) давления для управления положением половин обоих шкивов вариатора. Эта система обеспечивает оптимальное давление без чрезмерного его увеличения. Слишком сильное «сжатие» снижает механическую эффективность, а также приводит к преждевременному износу ремня и увеличению шумности работы. Программирование вариатора на автомобиле Civic обеспечило хорошее соотношение с режимами экономичной работы двигателя и это привело к повышению топливной экономичности автомобиля с вариатором при испытаниях в городском цикле движения, на 15 % по сравнению с топливной экономичностью автомобиля с обычной четырехступенчатой автоматической коробкой передач.



Рис. 3.43. Стальной ремень Transmatic

В 1995 г. немецкая компания ZF продемонстрировала автоматическую коробку передач с клиноременным вариатором Ecotronic, в которой использовался гидротрансформатор.

Такое решение усложняет и удорожает конструкцию, но обеспечивает плавное трогание с места и интенсивный разгон автомобиля. Наличие гидротрансформатора дает возможность уменьшить диапазон передаточных чисел вариатора, что снижает его размеры и габариты автоматической коробки передач. В настоящее время ZF производит три варианта таких коробок передач. Наиболее мощный вариант из этого семейства коробок CFT25 имеет стальной ремень шириной 30 мм, планетарную передачу для обеспечения заднего хода, который включается с помощью многодискового, мокрого сцепления. Коробка передач может передавать крутящий момент до 250 Н·м, что дает возможность использовать такие коробки передач на автомобилях среднего класса VW Passat, Ford Mondeo и др. Управление коробками передач ZF осуществляется с помощью компьютера, программное обеспечение которого обеспечивает адаптивное управление различными режимами движения.

Автомобили с современными автоматическими коробками передач, использующими вариатор со стальным ремнем, обладают гораздо лучшими показателями топливной экономичности и плавностью работы по сравнению с обычными гидромеханическими автоматами. Надежность и долговечность современных коробок передач с такими вариаторами также довольно высока. Однако широкое применение таких коробок сдерживается в силу не технических, а, скорее, психологических проблем. Водители привыкли, что при разгоне автомобиля с обычной механической или автоматической коробками передач они ощущают увеличение частоты вращения двигателя. Автомобиль с вариатором может интенсивно разгоняться и при постоянной частоте вращения двигателя, потому что вариатор поддерживает эту частоту, которая необходима для лучшего разгона. Такая работа обеспечивает наиболее оптимальный разгон, но из-за непривычного звука у водителя создается впечатление, что приемистость автомобиля недостаточна.

Для решения этой проблемы некоторые производители были вынуждены адаптировать управляющие системы своих вариаторов для искусственного создания ряда фиксированных передаточных чисел, преодолев, таким образом, психологическую проблему. У водителей таких автомобилей появилась возможность выбора между ручным последовательным (секвентальным) переключением передач с фиксированными значениями или бесступенчатым автоматическим управлением. Впервые такая конструкция была использована компанией Nissan в 1997 г. в коробке передач Hyper CVT-M6 (рис. 3.44).

Компания Audi при создании коробки передач с вариатором Multitronic (рис. 3.45) использовала другой принцип. При разгоне обеспечивается увеличение оборотов двигателя с увеличением скорости автомобиля. Такой режим разгона не является самым эффективным, но дает возможность решить психологические проблемы. При экстремальном разгоне управляющая электроника переключает вариатор на оптимальный режим работы. Новый подход обеспечил возможность автомобилю Audi A6 с коробкой передач Multitronic показать лучшие результаты по топливной экономичности и интенсивности разгона по сравнению с таким же автомобилем, но имеющим механическую коробку передач. Кроме автоматического режима Multitronic поддерживает режим секвентального переключения передач с шестью фиксированными передаточными числами. В конструкции используется мокрое многодисковое сцепление для обеспечения возможности старта с места. Приводной ремень Audi представляет собой многозвенную цепь, которая передает крутящий момент за счет трения между торцами осей пластин, составляющих цепь, и поверхностями шкивов (рис. 3.46). Гидравлическая система управления вариатором обеспечивает оптимальное усилие сжатия шкивов, не допуская проскальзывания цепи и обеспечивая необходимую долговечность вариатора.

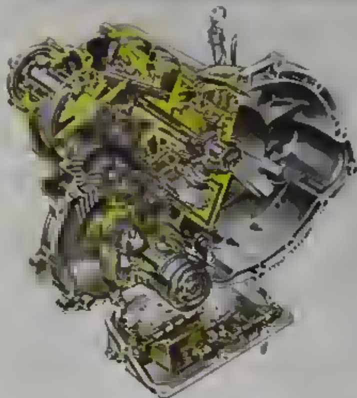




Рис. 3.44. **Коробка передач Hyper CVT-M6**

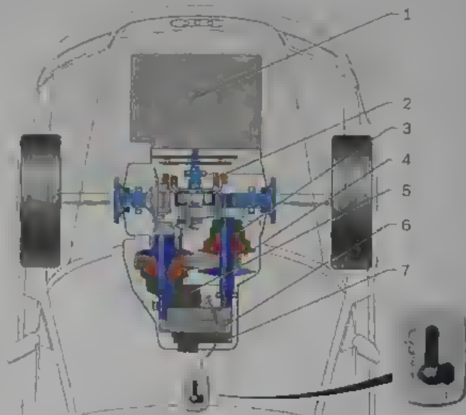


Рис. 3.45. **Схема коробки передач Multitronic:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — вариатор; 4 — цепь; 5 — гидронасос; 6 — управляющий блок; 7 — блок электроники

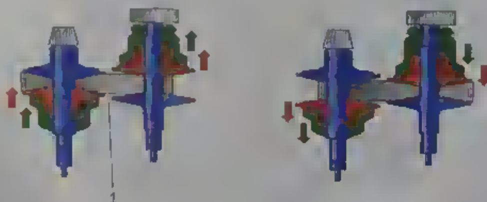


Рис. 3.46. **Схема работы вариатора Multitronic:** 1 — цепь

ТОРОИДНЫЕ ВАРИАТОРЫ

В тороидном вариаторе (рис. 3.47) между двумя колесами со сферической (тороидной) рабочей поверхностью зажимается ролик. Одно колесо является ведущим, а другое — ведомым. Передача крутящего момента обеспечивается силами трения между рабочими поверхностями колес и ролика. Изменение положения оси ролика в поперечной плоскости приводит к изменению передаточного числа вариатора, равного отношению радиусов окружностей, проходящих через точки контакта колес с роликом.

В зависимости от угла поворота ролика ведомое колесо может вращаться с той же скоростью, что и ведущее (если ролик горизонтален), с большей, или меньшей (если ролик повернвется). При использовании тороидного вариатора в трансмиссии автомобиля так же, как и в случае клиноременного, необходимо обеспечить возможность получения заднего хода и отключения вариатора от двигателя с помощью сцепления.



Рис. 3.47. **Схема тороидного вариатора**

Первый патент на конструкцию трансмиссии с тороидным вариатором был получен Чарльзом Хантом еще в 1877 г. Такие трансмиссии производства Perbury-Hayes предлагались для автомобилей в 1930-е гг., однако они отличались недостаточной величиной передаваемого крутящего момента и низкой долговечностью из-за отсутствия соответствующих материалов и технологий. Основная проблема заключается в том, что передача крутящего момента целиком зависит от трения в контакте ролика с колесами, и чем выше передаваемый момент, тем больше должна быть сила трения, причем при очень малой площади контакта. Для увеличения трения давление между деталями вариатора должно быть выше, что может привести к повреждению вариатора.

В 1999 г. компания Nissan начала устанавливать на некоторых из своих автомобилей, предназначенных для японского рынка, коробки передач Extroid. В этой коробке передач используется сдвоенный тороидный вариатор, разделяющий поток мощности с целью уменьшения размеров узла. Коробка передач была сконструирована для продольной установки на мощные заднеприводные автомобили и может передавать крутящий момент до 300 Н•м, что на сегодняшний день является рекордом для коробок передач с вариаторами.



Рис. 3.45. **Коробка передач Mazda с тороидным вариатором**

Возможность передачи таких усилий обеспечена применением высококачественных сталей и специальных трансмиссионных масел. Усилия сжатия колес и роликов вариатора составляют величину до 10 т. При таких усилиях сжатия повернуть ролики для изменения передаточного числа вариатора не просто

Nissan использует оригинальную систему поворота роликов, в которой ролики поворачиваются автоматически при их небольшом смещении относительно оси вращения. Совместно с вариатором в коробке передач Extroid работает гидротрансформатор. Для включения заднего хода используется планетарная передача, управляемая с помощью многодискового мокрого фрикционного сцепления.

На Токийском автосалоне 1999 г. компания Mazda продемонстрировала трансмиссию, которая включает в себя два тороидных вариатора, двухступенчатую планетарную передачу и два автоматических сцепления (рис. 3.48). При трогании автомобиля с места планетарная передача понижает передаточное число, в целях получения высокого крутящего момента. На большой скорости привод на колеса осуществляется непосредственно от тороидного вариатора. Коробка передач включает в себя и главную передачу с дифференциалом и предназначена для поперечной установки на переднеприводные автомобили.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

В последнее время возродился интерес к автоматическому управлению механическими коробками передач с использованием электронного контроля и современных исполнительных устройств. То, чего изобретатели не могли осуществить в прошлом, используя хитроумные механические устройства, стало возможным после появления надежных компьютеров и новых технологий.

Впервые такой агрегат — SMG (Sequential M Gearbox) — был предложен компанией BMW (рис. 3.49). Эта коробка передач предлагается как дополнительное оборудование для автомобиля BMW M3, имеет шесть передач для движения вперед и может работать в двух независимых, управляемых сервомеханизмами режимах.

В первом, так называемом экономичном режиме, коробка передач работает полностью автоматически, как и любая другая автоматическая коробка. Этот режим включается автоматически каждый раз когда включается зажигание. Второй, спортивный режим, который выбирает сам водитель, дает возможность переключать передачи вверх-вниз, как это делает система Tiptronic. Для переключения передач используются гидравлические исполнительные механизмы. Инженерам BMW удалось добиться рекордного времени переключения передач — при разгоне автомобиля время переключения не превышает 0,08 с. Электронный блок управления коробки передач контролирует не только исполнительные устройства, но и управляет работой двигателя, обеспечивая перерегулирование при переключении на низшие передачи. При снижении скорости до 15 км/ч автоматически включается вторая передача, а при полной остановке первая.



Рис. 3.49. **Секвентальная, автоматизированная коробка передач SMG (Sequential M Gearbox)**

В коробке передач Easytronic (рис. 3.50), разработанной совместно компаниями Valeo и Luk и предназначенной для установки на небольшие автомобили для европейского рынка, в качестве исполнительных устройств используются три шаговых электродвигателя. Коробка передач получилась легкой и компактной, но переключение передач осуществляется медленнее, чем в коробках передач с гидравлическим управлением.

Управление трансмиссией грузовых автомобилей, в особенности коробками передач магистральных тягачей с большим

числом передач, всегда требовало большого умения от водителя. Неслучайно, что автоматизация коснулась и таких коробок (рис. 3.51). Большинство производителей грузовых автомобилей предлагают в качестве вариантов автоматические и полуавтоматические коробки передач.

Рис. 3.50. **Автоматизированная коробка передач Easytronic сконструирована специально под управление электроникой:** 1 — шаговые двигатели; 2 — автоматическое сцепление; 3 — механизм переключения передач; 4 — блок управления сцеплением



Рис. 3.51. **Автоматизированная коробка передач Eurotronic**

АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ДВОЙНЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ

В 2003 г. компания Volkswagen предложила автомобили Audi TT 3.2 Quattro и VW Golf 5 с новыми автоматизированными коробками передач, в которых переключение передач при разгоне происходит без разрыва потока мощности (рис. 3.52).

В этой коробке передач крутящий момент от двухмассового маховика двигателя передается на два многодисковых сцепления, связанных с соответствующими соосными ведущими валами, один из которых проходит внутри другого (рис. 3.53).

Параллельно ведущим валам расположены два ведомых вала. С одним из ведущих валов жестко связаны ведущие шестерни нечетных передач (1, 3, 5), а с другим — ведущие шестерни четных передач (2, 4, 6 и передача З.Х.). На ведомых валах находятся шестерни постоянного зацепления соответствующих передач, которые могут жестко соединяться с ведомыми валами с помощью синхронизаторов. Управление сцеплениями и перемещением синхронизаторов осуществляется посредством гидравлических исполнительных устройств. Необходимое давление в гидравлической системе создается электрическим гидронасосом. Управляет работой коробки передач электронный блок управления, который получает информацию от десяти датчиков, расположенных в коробке и связан высокоскоростной шиной с электронным блоком управления двигателем.

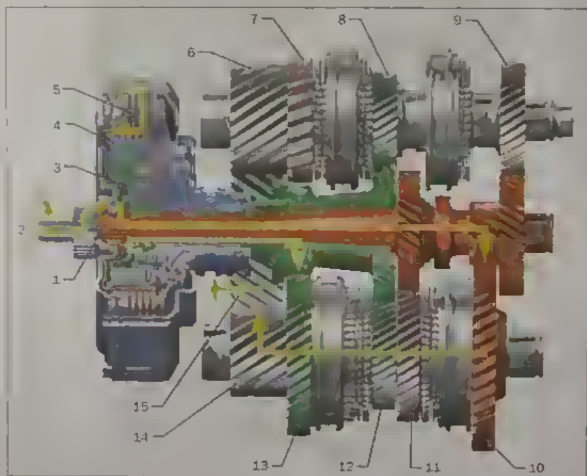


Рис. 3.52. **Коробка передач с двумя сцеплениями автомобиля Audi TT 3.2 Quattro:** 1 — ведущий вал I; 2 — двигатель; 3 — ведущий вал II; 4 — сцепление II; 5 — сцепление I; 6 — выход на главную передачу; 7 — задний ход; 8 — VI передача; 9 — V передача; 10 — I передача (активна); 11 — III передача; 12 — IV передача; 13 — II передача (выбрана); 14 — выход на главную передачу; 15 — главная передача

При трогании автомобиля с места электронный блок дает команду, включая первую передачу, а затем первое сцепление, после чего крутящий момент передается на один из ведомых валов коробки передач, который через ведущую шестерню приводит во вращение ведущую шестерню главной передачи. Главная передача через дифференциал приводит во вращение ведущие колеса автомобиля и одновременно раскручивает второй ведомый вал, на котором расположены синхронизаторы, включающие четные передачи. Во время разгона на первой передаче при достижении соответствующей скорости и за счет простого переключения сцеплений на параллельном ведомом валу включается вторая передача. Переход на последующие передачи происходит аналогично, без разрыва потока мощности, неизбежного в простых механических коробках передач.

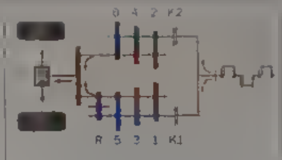


Рис. 3.53. **Принципиальная схема коробки передач с двумя сцеплениями:** 1, 2 — многодисковые сцепления; 3, 4, 5, 6 — синхронизаторы

Процесс переключения усложняется тогда, когда появляется необходимость переключения на более низкую передачу при движении с постоянной скоростью. Алгоритм переключения, заложенный в памяти электронного блока управления, был разработан компанией Audi. Автомобили с такими коробками передач показывают очень хорошие результаты по динамике разгона и топливной экономичности в сравнении с автомобилями оснащенными обычными механическими коробками.

Коробки передач, выполненные по такой конструктивной схеме, применяет фирма Ferrari на своих автомобилях Формулы-1. Схема с двумя сцеплениями и параллельными валами впервые была опробована на гоночном автомобиле Audi Quattro еще в 1978 г.

§ 22

ТРАНСМИССИИ ПОЛНОПРИВОДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Автомобили, у которых все колеса ведущие, называют полноприводными. Если крутящий момент передается на все колеса, улучшается способность автомобиля двигаться в плохих дорожных условиях. Эта причина послужила толчком к созданию огромного семейства вседорожных автомобилей. В нашей стране такие автомобили называют автомобилями повышенной проходимости, и в основном, за исключением автомобиля ВАЗ-2121 «Нива», это грузовые и специальные автомобили. В некоторых странах легковые автомобили повышенной проходимости принято называть SUV (Sport Utility Vehicle — автомобили для спорта) или RV (Recreational Vehicle — автомобили для отдыха). Некоторые автомобили с приводом на четыре колеса обозначают AWD (All Wheel Drive — все колеса ведущие) или 4WD (4 Wheel Drive — привод на четыре колеса), а иногда просто 4×4. Классификация автомобилей с четырьмя ведущими колесами показана на рис 3.54.

Первым легковым полноприводным автомобилем был автомобиль Willis, который прекрасно зарекомендовал себя во время Второй мировой войны. Затем появились полноприводные автомобили Land Rover и полноприводные автомобили японских фирм. Неплохим для своего времени был отечественный полноприводный автомобиль ГАЗ-69. Все эти автомобили предназначались для движения в основном по бездорожью.

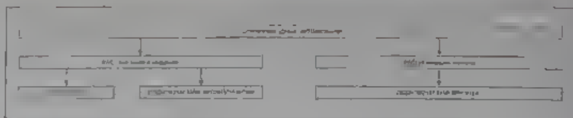


Рис. 3.54. **Классификация полноприводных трансмиссий**

Концепция полноприводного автомобиля возникла с появлением в 1980 г. автомобиля Audi Quattro, который показал отличные результаты при участии в мировых чемпионатах по ралли.

Сейчас имеется большой выбор полноприводных автомобилей, предназначенных для движения по дорогам с усовершенствованным покрытием. Большинство мировых производителей легковых автомобилей в своей номенклатуре серийных автомобилей имеют вариант с приводом на все колеса.

Трансмиссия полноприводного автомобиля конструктивно сложнее, дороже и тяжелее, чем у автомобиля с двумя ведущими колесами. Кроме того, механические потери в такой трансмиссии выше. Дополнительная масса и потери мощности снижают общие показатели и ухудшают топливную экономичность автомобиля. В то же время сопротивление качению ведущих колес меньше, чем ведомых, что в некоторой степени (но не полностью) компенсирует потери. Несмотря на недостатки полного привода, его преимущества часто являются более важными. Очевидно, что помимо улучшения внедорожных свойств, полный привод мощного автомобиля дает преимущества при движении по скользкой дороге и обеспечивает более интенсивный разгон. Влияние полного привода на управляемость и устойчивость более сложное, но несомненно, что полный привод дает преимущество в устойчивости на скользких дорогах, а главное — он обеспечивает более легкое управление автомобилем в критических ситуациях. На сухих дорожных покрытиях с высоким сцеплением преимущества такого привода не столь очевидны.

Для автомобилей повышенной проходимости важно не только обеспечить хорошее сцепление колес с опорной поверхностью, но и обеспечить большой дорожный просвет, чтобы автомобиль не застрял на неровностях дороги. Кроме того, внедорожные автомобили, как правило, оборудуются трансмиссиями с понижающей передачей, которая дает возможность увеличить крутящий момент, подводимый к ведущим колесам, и обеспечить уверенное движение на малых скоростях.

Легковые автомобили с приводом на четыре колеса могут иметь или постоянный привод всех колес, или подключаемый ко всем колесам при необходимости. Существуют конструкции полноприводных трансмиссий, в которых обеспечивается постоянный привод на передние (автомобили Toyota RAV4, Honda CRV и др.) или задние колеса (автомобили Ford Explorer, Nissan Terrano и др.), а привод на другие два колеса включается при необходимости. Причем это включение может происходить автоматически, в зависимости от условий движения, или вручную по желанию водителя.

КОМПОНОВКИ ПОЛНОПРИВОДНЫХ ТРАНСМИССИЙ

В любом автомобиле, имеющем привод на четыре колеса, независимо от расположения двигателя, необходимо разделить крутящий момент, получаемый на ведомом вале коробки передач, на два направления и передать один к переднему мосту, а другой к заднему. Кроме того, требуются две главные передачи: одна для привода передних колес, а другая задних соответственно.

При движении автомобиля по криволинейной траектории каждое из четырех колес автомобиля проходит различный путь (рис. 3.55). Следовательно, каждое колесо совершает при повороте разное число оборотов.

То же самое происходит при прямолинейном движении автомобиля, если диаметры колес отличаются (различный износ шин, разное давление в шинах). Как было показано выше, для уменьшения неизбежных потерь при движении автомобиля не-

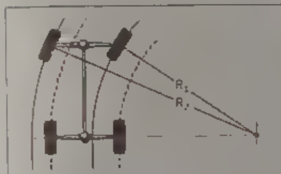
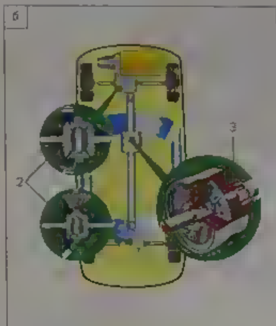
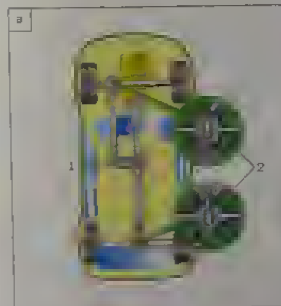


Рис. 3.55. **Схема поворота полноприводного автомобиля:** R_1, R_2 — радиусы поворотов внутреннего и наружного управляемых колес





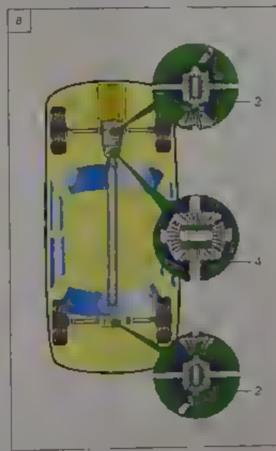


Рис. 3.56. **Схемы полноприводных трансмиссий: а — с раздаточной коробкой (полный привод, подключаемый водителем); б — полный привод, подключаемый автоматически вискомуфтой; в — с постоянным полным приводом;** 1 — раздаточная коробка, 2 — межколесный дифференциал, 3 — вискомуфта, 4 — межосевой дифференциал

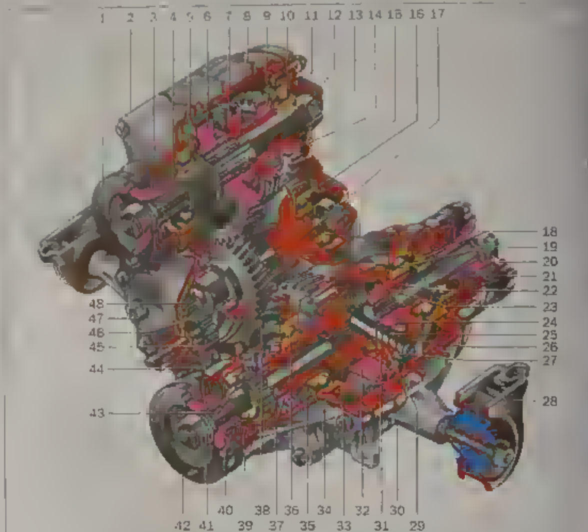


Рис. 3.57. **Раздаточная коробка автомобиля ВАЗ-21213 «Нива»**: 1 — фланец ведущего вала; 2 — передняя крышка; 3 — сальник ведущего вала; 4 — упорное кольцо подшипника; 5 — передний подшипник ведущего вала; 6 — шестерня высшей передачи, 7 — муфта переключения передач; 8 — картер раздаточной коробки; 9 — шестерня низшей передачи; 10 — задний подшипник ведущего вала; 11 — установочное кольцо заднего подшипника ведущего вала; 12 — ведущий вал; 13 — втулка, 14 — ступица; 15 — задняя крышка; 16 — задний подшипник промежуточного вала; 17 — промежуточный вал; 18 — подшипник вала привода заднего моста; 19 — задний подшипник дифференциала; 20 — фланец; 21 — сальник вала привода заднего моста; 22 — задний корпус дифференциала; 23 — опорная шайба шестерни; 24 — шестерня привода заднего моста; 25 — ось сателлитов; 26 — стопорное кольцо; 27 — пружинная шайба, 28 — кронштейн подвески; 29 — упорная шайба сателлита; 30 — картер привода переднего моста; 31 — сателлит, 32 — ведомая шестерня дифференциала; 33 — передний корпус дифференциала; 34 — стопорное кольцо; 35 — пружинная шайба. 36 — передний подшипник корпуса дифференциала; 37 — муфта блокировки дифференциала 38 — установочное кольцо переднего подшипника дифференциала; 39 — маслоотражатель, 40 — сальник вала привода переднего моста; 41 — подшипник вала привода переднего моста, 42 — фланец вала привода переднего моста; 43 — вал привода переднего моста. 44 — пробка слива масла, 45 — ведомая шестерня привода спидометра; 46 — роликовый подшипник промежуточного вала; 47 — заливная пробка; 48 — ведущая шестерня привода спидометра

обходимо применять дифференциал. Автомобиль с четырьмя ведущими колесами должен иметь три дифференциала: по одному между колесами передней и задней осей (межколесные дифференциалы) и один между осями автомобиля (межосевой дифференциал). Межколесные дифференциалы симметричные, т. е. они делят крутящий момент между колесами поровну, а межосевые дифференциалы могут быть как симметричными, так и несимметричными. В некоторых конструкциях трансмиссий с приводом на четыре колеса встречаются устройства, которые изменяют распределение крутящего момента между осями автомобиля в зависимости от условий движения. Иногда в полноприводных трансмиссиях с подключаемым вручную приводом с целью удешевления конструкции отказываются от межосевого дифференциала, но в этом случае полный привод используется только на скользких дорогах и бездорожье и не допускается при движении автомобиля по дороге с хорошим покрытием.



Рис. 3.58. **У полноприводного автомобиля Mercedes-Benz 4-matic S-класса трансмиссия и двигатель практически составляют одно целое**

На рис. 3.56 показаны наиболее типичные схемы полноприводных трансмиссий.

Компоновочная схема с раздаточной коробкой наиболее часто применяется для вседорожных автомобилей (рис. 3.57). При такой компоновке крутящий момент от коробки передач поступает на входной вал раздаточной коробки, а затем передается на выходные валы. Выходной вал привода задних колес располагается на одной оси с входным валом раздаточной коробки и соединяется карданной передачей с главной передачей задней оси. Другой выходной вал соединен карданной передачей с главной передачей передней оси. Выходные валы раздаточной коробки связаны между собой цилиндрическими шестернями или чаще цепной передачей с зубчатой цепью Морзе. Внутри раздаточной коробки размещается межосевой дифференциал и может располагаться понижающая передача.

В трансмиссии полноприводного автомобиля без раздаточной коробки используются коробки передач специальной конструкции (рис. 3.58).

Полноприводные версии легковых автомобилей, которые не предназначены для движения по бездорожью, имеют в своей основе стандартную версию легкового автомобиля. Некоторые легковые автомобили выпускаются только в полноприводном варианте и не имеют аналогов с приводом на одну ось. Примером могут послужить многие автомобили Subaru или автомобиль Jaguar типа X. Наиболее просто переоборудовать в полноприводный вариант переднеприводный автомобиль с продольным расположением двигателя и коробки передач (большинство автомобилей Audi). В таком варианте крутящий момент к задней оси поступает от коробки передач через карданную передачу. Задняя ось дополняется главной передачей, а межосевой дифференциал устанавливается в картере коробки передач (рис. 3.59).

Если базовый автомобиль имеет привод только на задние колеса, а двигатель расположен спереди, при его переоборудовании в полноприводный вариант не обойтись без раздаточной коробки с межосевым дифференциалом, которая может быть объединена с коробкой передач. В таких автомобилях обычно используют несимметричное распределение крутящего момента, большая часть которого передается на заднюю ось. Главная передача при независимой подвеске передних колес крепится к кузову.

Переднеприводные автомобили с поперечным расположением двигателя гораздо труднее переделать в полноприводный вариант. Обычно картер главной передачи располагают за двигателем и используют карданную передачу, соединяющую переднюю главную передачу с дополнительной главной передачей задней оси.

Полноприводные версии автомобилей с задним расположением двигателя (Porshe Carrera) в полноприводном варианте имеют трансмиссию, сходную с первым вариантом, но в зеркальном отображении.

Обеспечение привода на все колеса для автомобиля с центральным расположением двигателя представляет собой довольно трудную задачу, и поэтому такие компоновочные схемы встречаются редко.

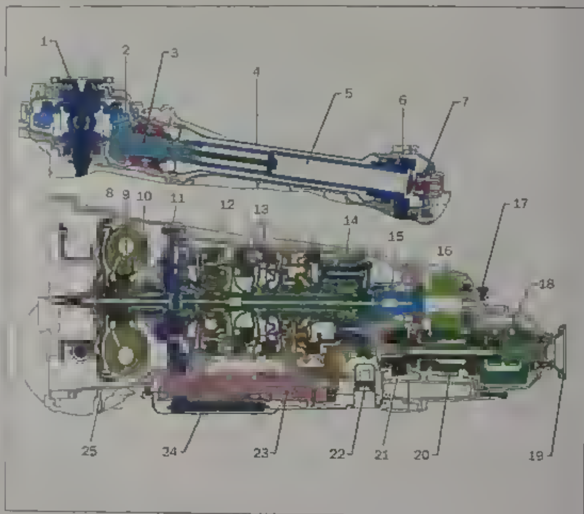


Рис. 3.59 **Автоматическая трансмиссия автомобиля Audi Quattro:** 1 — дифференциал переднего моста, 2 — ведомая шестерня главной передачи; 3 — ведущая шестерня главной передачи, 4 — кожух вала; 5 — вал привода переднего моста, 6 — ведомая шестерня привода переднего моста; 7 — масляный насос раздаточной коробки; 8 — турбинное колесо; 9 — реактор; 10 — насосное колесо; 11 — масляный насос; 12, 14 — планетарные передачи, 13 — фрикционные муфты (фрикционы); 15 — вторичный вал; 16 — ведущая шестерня раздаточной коробки, 17 — сапун; 18 — межосевой дифференциал повышенного трения (типа Torsen), 19 — вал привода заднего моста; 20 — ведомая шестерня раздаточной коробки; 21 — ведущая шестерня привода переднего моста, 22 — пробка масляного фильтра; 23 — блок управления, 24 — маслозаборник; 25 — картер гидротрансформатора

Межосевой дифференциал, как было отмечено выше, может быть сконструирован так, чтобы распределять крутящий момент несимметрично. Если распределение момента по осям неравное, то большая часть момента обычно передается к задним колесам. Это объясняется тем, что при разгоне автомобиля или движении на подъем большая часть массы автомобиля перераспределяется на задние колеса и они могут реализовать больший крутящий момент, чем передние, и, кроме того, уменьшение доли крутящего момента, поступающего к передним колесам, улучшает управляемость автомобиля и меньше подвергает ее влиянию изменения крутящего момента.

Для любого автомобиля с четырьмя ведущими колесами важно обеспечить движение автомобиля в случае, если одно из колес теряет сцепление с дорогой.

Выше было показано, что если одно из колес на оси буксует, то дифференциал передает на другое крутящий момент, недостаточный для движения. Если автомобиль имеет привод на четыре колеса и три дифференциала, то достаточно попасть одним колесом на скользкую поверхность, чтобы лишить автомобиль способности тронуться с места. Существуют различные способы борьбы с этим нежелательным свойством.

Один из таких способов — это блокировка дифференциала. При заблокированном дифференциале крутящий момент, подводимый к колесам с лучшим сцеплением, увеличивается. Необходимо учитывать, что, если вся величина крутящего момента передается в одном направлении, карданный вал и полуоси должны быть сделаны более прочными, чтобы исключить возможность их поломки. Внедорожные автомобили, работающие в сложных условиях, могут иметь устройства, блокирующие как межосевой, так и задний межколесный дифференциалы. Блокировка дифференциала передней оси обычно не предусматривается из-за негативного воздействия на управляемость автомобиля.

Другим распространенным способом улучшения характеристик трансмиссий современных полноприводных автомобилей является применение различных устройств повышенного трения, применяющихся в качестве межосевых и задних дифференциалов. Самый простой способ заключается в создании дополнительного трения при проскальзывании деталей в дифференциале. Здесь, однако, требуется ограничить величину проскальзывания таким образом, чтобы оно не оказывало чрезмерного влияния на возможность движения колес автомобиля с небольшой разницей в угловых скоростях при обычном повороте. Таким образом, дифференциалы повышенного трения должны быть такими, чтобы передавать только часть крутящего момента на колесо с хорошим сцеплением.

Следует помнить, что любой дифференциал повышенного трения, независимо от места его расположения (в раздаточной коробке или ведущих мостах) отнимает часть механической энергии переводя ее в тепло, а значит увеличивает расход топлива. Повышается также изнашивание шин и трансмиссии в целом. Поэтому простые устройства с фрикционными шайбами или кулачковые дифференциалы устанавливались главным образом на грузовиках повышенной проходимости, то есть там, где обеспечение преодоления бездорожья считается более важной задачей чем обеспечение экономичности. В раздаточных коробках таких автомобилей часто дифференциал вообще отсутствовал (ГАЗ 66, УАЗ) и оба моста имели жесткую связь между собой. При движении по сухому асфальту во избежание чрезмерного изнашивания шин передний мост отключался, так что полноприводными эти автомобили могли быть только вне дорог или в зимнее время года.

Гораздо лучше, если дифференциал сможет «почувствовать» момент начала проскальзывания колеса и сумеет перераспределить крутящий момент на отстающее колесо. Другими словами, желательно использовать самоблокирующийся дифференциал. В ранее выпускавшихся моделях использовались вязкостные муфты (вискомуфты) и дифференциалы типа Torsen. Иногда применялось их сочетание: вязкостные муфты в качестве межосевых дифференциалов, а Torsen в качестве заднего дифференциала. В настоящее время все

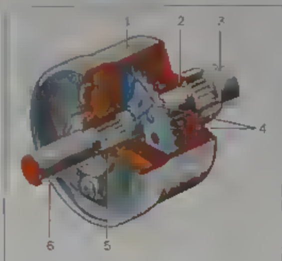


Рис. 3.61. **Устройство вязкостной муфты (вискомуфты):** 1 — корпус; 2 — вал корпуса; 3, 6 — ведущий и ведомый валы; 4 — диски; 5 — уплотнения

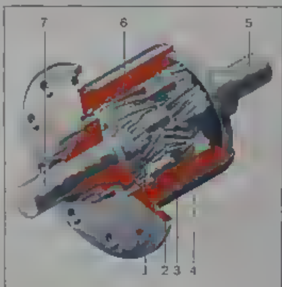


Рис. 3.62. **Межосевой дифференциал Torsen:** 1, 3 — правая и левая полуосевые шестерни; 2 — корпус дифференциала; 4 — сателлит, связанный с правой полуосевой шестерней; 5, 7 — выходные валы дифференциала; 6 — сателлит, связанный с левой полуосевой шестерней

Большее распространение получают фрикционные муфты с контролируемой степенью блокировки, когда фрикционные диски сжимаются с определенным усилием. Такие муфты могут применяться для управления распределением крутящего момента между передними и задними колесами под электронным контролем. Конструкторы современных полноприводных легковых автомобилей предлагают использовать такие чувствительные устройства, управляющие сцеплением колес с дорогой и поведением автомобиля вместо простой блокировки дифференциалов.

Вязкостная муфта (патент Фергюссона) является наиболее простым и дешевым устройством повышенного трения, и поэтому ее часто применяют в трансмиссиях автомобилей.

Вязкостная муфта состоит из набора близко расположенных друг к другу перфорированных дисков, одна половина которых соединяется с помощью выступов с внутренней ступицей муфты, а вторая наружными выступами с корпусом (рис. 3.61).

Между дисками находится силиконовая (кремнийорганическая) жидкость высокой вязкости. Валы муфты могут свободно вращаться с небольшой разницей в угловых скоростях, но, если разница в скоростях увеличивается, жидкость внутри муфты начинает действовать как твердое тело и предотвращает чрезмерное проскальзывание дисков. Возникающий блокирующий момент обусловлен свойствами вязкой жидкости. Если в качестве дифференциала использовать такую муфту, она будет перераспределять крутящий момент так, что бóльшая его часть будет поступать на колеса, вращающиеся с меньшей скоростью.

К недостаткам вязкостной муфты следует отнести экспоненциальный закон ее блокировки. Муфта срабатывает с запаздыванием. Неизбежный нагрев жидкости в муфте, который происходит при проскальзывании дисков, приводит к изменению ее характеристик. Существенным недостатком таких устройств является их влияние на процесс торможения, поскольку при резком торможении может произойти одновременное блокирование всех колес автомобиля. При использовании вязкостных муфт в трансмиссиях автомобилей с антиблокировочными тормозными системами приходится применять дополнительные устройства для разблокирования муфт при торможении.

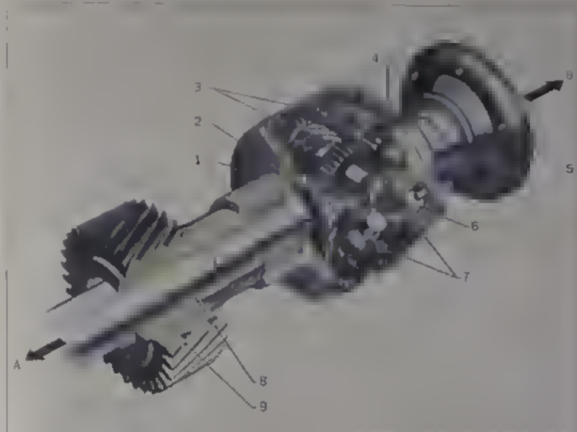


Рис. 3.63. **Межосевой дифференциал Torsen автомобиля Audi Quattro:** 1 — корпус дифференциала; 2,4 — передняя и задняя шестерни; 3 — червячные сателлиты; 5 — фланец карданной передачи; 6 — ось сателлитов; 7 — прямозубые шестерни; 8 — ведомый вал; 9 — полый ведущий вал; А — к передней оси; В — к задней оси

Дифференциал Torsen (TORque SENsing — чувствующий крутящий момент) представляет собой механический самоблокирующийся дифференциал, в котором используется сложный набор червячных шестерен (рис. 3.62).

Набор шестерен внутри дифференциала состоит из ведомых (полуосевых) червячных колес и ведущих (сателлитов) червячных шестерен. Основной особенностью такой конструкции является то, что червячные шестерни могут приводить во вращение другие шестерни, но сами не могут приводиться во вращение. Такая особенность приводит к появлению некоторой степени блокирования дифференциала. В зависимости от величины передаточного числа и конструкции дифференциала, крутящий момент может распределяться по осям автомобиля в соотношении от 2.5:1 (60 % – 40 %) до 6:1 (84 % – 16 %) или даже до 7:1 (86 % – 14 %), а также распределяться в любых промежуточных значениях. При низких значениях входного крутящего момента шестерни дифференциала вращаются свободно и его действие напоминает работу обычного симметричного дифференциала. Когда входной крутящий момент увеличивается, набор червячных шестерен нагружается и в определенный момент для выходных валов блокируется.

Дифференциал Torsen имеет линейную характеристику, перераспределение крутящего момента происходит практически мгновенно и он не оказывает влияния на процесс торможения. Эти свойства механизма обусловили его широкое использование в качестве межколесных и межосевых дифференциалов автомобилей (рис. 3.63). Основным недостатком является сложность его изготовления и сборки и, как следствие, высокая стоимость.

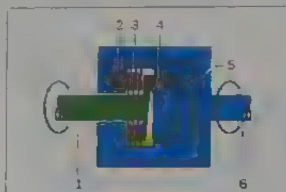


Рис. 3.64 **Принцип действия активной гидравлической муфты:** 1 — выходной вал; 2 — рабочий поршень; 3 — диски; 4 — поршневой насос; 5 — управляющий клапан; 6 — входной вал

Вязкостные муфты и дифференциалы Torsen являются пассивными системами. В последние годы в конструкции трансмиссий современных автомобилей все чаще начинают применять активные устройства, представляющие собой муфты, в которых для блокирования валов используются многодисковые мокрые сцепления (рис. 3.64). Для управления многодисковым сцеплением используется давление масла, которое воздействует на поршень, сжимающий диски. Давление масла регулируется с помощью контрольного клапана. Крутящий момент с помощью таких муфт может распределяться как между передней и задней осями автомобиля, так и между колесами одной оси.

Шведская фирма Haldex по своему патенту выпускает муфту с многодисковым мокрым сцеплением, электрическим гидронасосом и гидроаккумулятором (рис. 3.65).

Электрический насос работает только при движении автомобиля и создает небольшое давление масла, для того чтобы не происходило задержки в срабатывании муфты. Давление на поршень, сжимающий диски сцепления, поступает от гидравлического поршневого насоса, который создает давление, как только возникает различие в угловых скоростях соединенных муфтой валов. Давление, создаваемое насосом, пропорционально разнице в частоте вращения валов. Управляет работой муфты Haldex встроенный в нее электронный блок управления, который связан с другими электронными системами управления автомобилем. Муфта может работать при любых скоростях движения автомобиля как при движении вперед, так и при заднем ходе. Она не влияет на работу антиблокировочной системы (АБС)

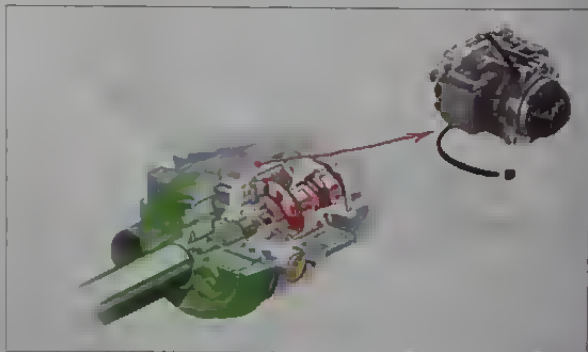


Рис. 3.65 **Муфта Haldex, входящая в трансмиссию автомобиля**

вследствие очень быстрой активации и деактивации и обеспечивает полностью контролируемое распределение крутящего момента по осям. В настоящее время муфты Haldex устанавливаются в трансмиссиях полноприводных версий автомобилей Volkswagen и Volvo.

Аналогичные конструкции муфт применяются и некоторыми другими производителями полноприводных автомобилей. Компания Isuzu запатентовала систему TOD (TORQUE ON DEMAND), которая получает информацию от 12 датчиков и автоматически перераспределяет крутящий момент между осями автомобиля в зависимости от условий движения.

§ 23

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСМИССИЙ

Широкое применение улучшенных систем повышенного трения появившихся в конце 1990-х гг. привело конструкторов автомобилей к разработке концепции «активной трансмиссии». Такая трансмиссия дает возможность изменять устойчивость и управляемость автомобиля путем управления распределением крутящего момента по правым и левым колесам автомобиля, а также, в случае полноприводного варианта, между передними и задними мостами. Распределение крутящего момента регулируется в зависимости от степени проскальзывания муфты, управление осуществляется гидравликой, которая сжимает диски муфты с разной силой, уменьшая или увеличивая величину передаваемого момента на ту или другую сторону. Контролирует работу муфт процессор (ЭБУ), который получает информацию от различных датчиков. Очень многое зависит от программного обеспечения ЭБУ, который должен распределять крутящий момент в зависимости от нагрузки на соответствующие колеса автомобиля. При повороте автомобиля большая часть крутящего момента должна перераспределяться на внешние (относительно центра поворота), более нагруженные, колеса. В полноприводном автомобиле может быть обеспечено распределение крутящего момента к каждому колесу в соответствии с максимально возможным по условиям сцепления с дорогой. Такой подход не сможет исключить возможность потери устойчивости автомобиля, обусловленной возможными ошибками водителя при управлении. Для более совершенной системы компьютер должен получать сигналы, соответствующие углу и скорости поворота рулевого колеса, курсовой скорости и поперечным ускорениям. При наличии точной информации от датчиков и правильного понимания желаний водителя имеется несколько способов, с помощью которых может корректироваться траектория автомобиля в случае сноса (когда автомобиль движется в повороте по более широкой траектории, чем было задумано) или заноса (когда задняя часть автомобиля «обгоняет» переднюю, а автомобиль стремится уйти внутрь желаемой траектории поворота). Корректировка может производиться с помощью дифференциала или тормозов, а со временем, может быть, и непосредственно с помощью рулевого управления — это будет рассмотрено ниже. Но тот же эффект можно получить также с помощью «активной» работы системы распределения крутящего момента. Предположим, что программное обеспечение интерпретирует прямолинейное движение как поворот автомобиля по дуге с бесконечным радиусом, обеспечивая системе возможность применять автоматическую коррекцию, если, например, автомобиль самопроизвольно разворачивается из-за неровности дороги, даже когда водитель и не поворачивает рулевое колесо.

Когда такая система «хочет» скорректировать траекторию поворота при сносе автомобиля с двумя ведущими колесами, она передает дополнительный крутящий момент на внешнее колесо (возможно, при одновременном снижении частоты вращения двигателя), что само по себе будет уменьшать радиус поворота и снижать скорость движения, уменьшая риск выхода из коридора движения, перед тем как траектория будет отрегулирована.



Рис. 3.66. **Активная трансмиссия автомобиля Honda**

Большой интерес к таким активным системам проявлен в Японии. В 1996 г. компания Honda представила свою систему ATTS (Automatic Torque Transfer System — система автоматического распределения крутящего момента) для переднеприводного автомобиля и установила ее на некоторые из своих моделей легковых автомобилей, предназначенных для внутреннего рынка Японии. Отличительной особенностью системы ATTS является то, что оценка всей информации о поведении автомобиля производится с помощью одного датчика, установленного за центром тяжести автомобиля. Фирма также адаптировала принцип ATTS для использования в главной передаче заднего моста полноприводного автомобиля. Такое размещение имеет то преимущество, что это распределение крутящего момента не влияет на работу рулевого управления (в переднеприводном автомобиле распределение момента может непосредственно влиять на так называемое «чувство руля»).

В полноприводных автомобилях распределение момента между передним и задним мостами оказывает более четкое влияние. Направление большей доли крутящего момента на передние колеса будет уменьшать существующую избыточную поворачиваемость, и наоборот. В системах с активным управлением тремя дифференциалами перераспределение крутящего момента на колеса одной из сторон автомобиля может улучшить сцепление при движении на повороте, в то время как регулирование распределения момента между мостами может улучшить управляемость автомобиля. Такая сложная система активной трансмиссии предназначена в основном для автомобилей-участников ралли. На обычных автомобилях она обеспечивает поддержание нужного поведения автомобиля при движении и безопасность управления в ситуациях, когда водитель совершил ошибку и не обладает достаточным навыком, чтобы самостоятельно выйти из сложившейся ситуации.

В Японии компании Mitsubishi и Subaru продемонстрировали системы, которые управляют трансмиссией, изменяя курсовой угол автомобиля. К концу 2000 г. специалисты компании Prodrive (Великобритания) представили свою собственную систему, которую они назвали Active Torque Dinamic (ATD) — активная динамика крутящего момента. Эта система была разработана для полноприводных автомобилей и может быть выполнена с различными уровнями сложности, в зависимости от поставленной задачи. На простейшем уровне ATD блокирует задний дифференциал в целях предотвращения развития заноса; эта блокировка распределяет большую величину момента на внутреннее колесо, и траектория движения автомобиля выравнивается. На более высоком уровне управления ATD в нужные моменты обеспечивает подачу оптимальной величины крутящего момента к отдельным колесам. Компания Prodrive утверждает, что система активной трансмиссии действует быстрее, чем тормозные механизмы колес, и воспринимается водителем более естественно. Компания ожидает, что технология ATD будет широко использоваться на мощных полноприводных легковых автомобилях.

Компания Honda разработала и изготовила перспективную активную трансмиссию (рис. 3.66), в которой перераспределение крутящего момента по колесам автомобиля обеспечивается с помощью многодисковых муфт, управляемых мощными электромагнитами

ГЛАВА 4

Для того чтобы любое транспортное средство могло передвигаться, оно должно иметь движитель, представляющий собой устройство, которое обеспечивает контакт транспортного средства с дорогой и передает силы и моменты, приводящие его в движение. Существует множество конструкций движителей: колесных, гусеничных, шагающих, шнековых и др.

Колеса, подвеска, мосты

§ 24

АВТОМОБИЛЬНЫЕ КОЛЕСА

На автомобильном транспорте преимущественное применение получили колеса, поэтому автомобили часто называют колесным транспортом.

Колеса осуществляют связь автомобиля с дорогой. Они обеспечивают движение, поворот, передают вертикальные нагрузки от автомобиля на дорогу, воспринимают удары и колебания, передающиеся от дороги.

Первые колеса появились еще в глубокой древности. Наверное, к идее колеса человек пришел, подкладывая бревна под перемещаемые грузы. Затем появились первые повозки с деревянными колесами. Вначале использовались колесные пары, в которых два колеса жестко крепились на одной оси, а вращалась только эта ось. Недостаток такой конструкции заключался в том, что при движении на поворотах и неровной дороге, скрепленные между собой колеса не могут проходить различные пути и поэтому проскальзывают и быстро изнашиваются. Выход нашелся в свободной установке колес на неподвижной оси, которую жестко соединяли с повозкой. Со временем первые примитивные колеса, изготовленные из куска дерева, были усовершенствованы. Для облегчения колес стали применяться спицы, в центре колеса появилось утолщение — ступица, а на беговой части колесо упрочняли стальной полосой — шиной. Колеса первых автомобилей были еще деревянными, хотя ступицы уже изготавливали из металла. Такие колеса ограничивали скоростные возможности автомобиля, не обеспечивали безопасность и комфорт при езде. Большим достижением было изобретение пневматической шины.

В зависимости от выполняемых функций автомобильные колеса разделяются на ведущие, управляемые, комбинированные (одновременно ведущие и управляемые) и поддерживающие.

Ведущие колеса приводятся во вращение от трансмиссии автомобиля и создают в контакте колеса с дорогой тяговое усилие. Управляемые колеса могут поворачиваться по команде водителя, при этом в контакте колеса с дорогой возникают боковые усилия, которые де-

ют возможность автомобилю изменить направление движения. Поддерживающие колеса не приводят в движение автомобиль и не поворачиваются, а только воспринимают часть нагрузки автомобиля, что уменьшает суммарное давление на опорную поверхность дороги

§ 25

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА

Колесо автомобиля состоит из пневматической шины, обода, соединительного элемента (диска) и ступицы (рис. 4.1). Пневматические шины будут рассмотрены ниже (см. § 26).

В зависимости от конструкции обода и соединительного элемента колеса могут быть разборными и неразборными, дисковыми и бездисковыми. Ступица колеса обеспечивает его свободную установку на оси автомобиля.

Обод служит для соединения шины с колесом. С этой целью ему придается специальная форма. Колесо в сборе должно быть сбалансировано. Балансировочные грузики крепятся к ободу с помощью пружинных зажимов или клея. На большинстве легковых автомобилей и грузовых небольшой грузоподъемности используются глубокие, неразборные ободья (рис. 4.2).

Глубокий обод жестко соединяется с диском, который служит для крепления колеса к ступице с помощью болтов или гаек со шпильками. Полки глубокого обода имеют конусную форму для плотной посадки шины на обод. Угол наклона полок составляет, как правило (5±1)°. Полки обода заканчиваются закраинами, имеющими определенную форму и служащих боковыми упорами для шины. Расстояние между закраинами называется шириной профиля обода. В средней части обода имеется углубление, необходимое для облегчения монтажа и демонтажа шины на обод. Это углубление (ручей) может быть расположено симметрично относительно плоскости колеса или со смещением.



Рис. 4.1. **Устройство автомобильного колеса: 1 — шина, 2 — обод; 3 — ступица**


Рис. 4.2. **Неразборное колесо с глубоким ободом**

Размеры и профиль обода регламентированы соответствующими стандартами. На каждый обод наносится соответствующая маркировка, из которой можно узнать размеры и профиль. Основные размеры обода (ширину профиля и диаметр), как правило, все изготовители указывают в дюймах, за исключением компании Michelin, которая применяет для этого миллиметры.

Пример маркировки: **5J × 13H2 ET 30**, где:

5 — ширина обода в дюймах;

13 — диаметр обода в дюймах;

J и **H2** — конструктивные особенности профиля обода;

ET 30 — вылет (от немецкого слова Einpresstiefe — ET) 30 мм.

Вылет колеса (выступ) является важным параметром. Любое колесо должно «охватывать» ступицу, к которой оно крепится, потому что центр пятна контакта шины с дорогой смещается относительно вертикальной оси, проходящей через центр ступицы на небольшую величину (рис. 4.3), которая рассчитывается при конструировании подвески и рулевого управления автомобиля.

Величина выступа особенно важна для управляемых колес, потому что положение пятна контакта относительно оси поворота колеса играет важную роль в определении характеристики поворота автомобиля.

Неразборные колеса с глубоким ободом обычно центрируются на ступице с помощью центрального отверстия. Если диаметр центрального отверстия больше, чем у посадочной части ступицы, то центрирование осуществляется по коническим (или сферическим) поверхностям в отверстиях диска, предназначенных для крепления болтами или гайками. Иногда для лучшего центрирования и облегчения монтажа используют пластмассовые кольца, которые устанавливаются перед монтажом колеса на ступицу в центральное отверстие диска.

Колеса легковых автомобилей изготавливаются штамповкой из стали с последующей сваркой обода и диска или из легких сплавов (алюминиевых или магниевых). Наиболее прочные колеса из легких сплавов — кованые. Они имеют мелкозернистую структуру и высокую прочность при малой массе. Легкосплавные колеса дороже стальных, но эстетически привлекательнее. Колеса изготавливались и из композитных материалов: например, еще в 70-е гг. фирма Citroen выпускала армированные углепластиковые колеса, которые весили в два раза меньше металлических. Однако из-за высокой стоимости таких колес они устанавливаются только на дорогих спортивных автомобилях.

Разборные ободья (рис. 4.4) применяют для колес большинства грузовых автомобилей и автобусов. Разборные ободья могут быть дисковыми и бездисковыми. Наиболее часто используются разборные ободья с коническими посадочными полками.

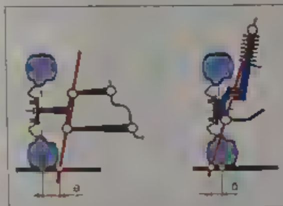


Рис. 4.3. **Положительное (а) и отрицательное (б) плечо обката управляемого колеса**

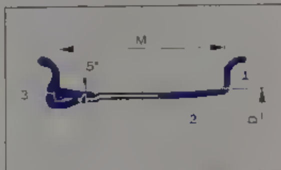


Рис. 4.4. **Конструкция разборного обода грузового автомобиля:** 1 — закраина, 2 — обод, 3 — разрезная часть обода; M — ширина обода, D — диаметр обода

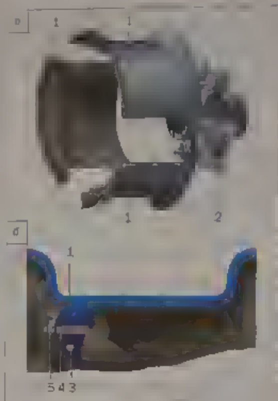


Рис. 4.5. **Бездисковое колесо, его общий вид (а) и крепление колеса (б): 1 — сек**торы колеса; 2 — ступица; 3 — крепление; 4 — шпилька; 5 — гайка

Шины грузовых автомобилей имеют большие размеры и высокую жесткость, поэтому монтаж таких шин на неразборные ободья затруднен. Разборные ободья (рис. 4.5) позволяют облегчить эту задачу. Для некоторых шин грузовых автомобилей большой грузоподъемности применяют разборные ободья с распорными кольцами. Такие ободья состоят из двух частей, соединяемых между собой болтами. Такая конструкция надежно удерживает шину на колесе независимо от значения давления воздуха в шине.

Ступицы колес изготавливают из стали или ковкого чугуна. К ним крепятся элементы тормозных механизмов, диски и барабаны. Ступица устанавливается на подшипниках, которые должны воспринимать не только радиальные, но и осевые усилия от действия боковых сил. В ступицах устанавливают конические роликовые или шариковые радиально-упорные подшипники.

В подшипники колес закладывается смазка, выдерживающая высокие температуры. Для предотвращения вытекания смазки и попадания грязи подшипники уплотняются сальниками.

§ 26

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ШИНЫ

Пневматическая шина, являющаяся одним из наиболее важных элементов автомобиля, состоит из покрышки и камеры, расположенных на ободе колеса. Шина воспринимает вертикальную нагрузку от веса автомобиля, и все усилия, возникающие в пятне контакта шины с дорогой при ускорении, торможении и повороте автомобиля. Шина также поглощает и смягчает удары, возникающие при движении автомобиля по дороге. Во время движения автомобиля эластичная пневматическая шина в нижней части деформируется, мелкие неровности дороги поглощаются за счет деформации шины, а большие вызывают плавное перемещение оси колеса. Такая способность шины называется сглаживающей. Сглаживающая способность шины обусловлена упругими свойствами сжатого воздуха, которым заполнена шина. При деформации шины неизбежно возникают потери энергии, обусловленные внутренним трением в материале шины. Внутреннее трение повышает температуру шины, что неблагоприятно сказывается на ее долговечности. Чем больше деформация шины, тем больше затраты энергии на внутренние потери и тем большая мощность затрачивается на движение автомобиля. Свойства и работоспособность шины в значительной степени зависят от ее конструкции.

Современная шина имеет довольно сложную конструкцию (рис. 4.6). Основным материалом для изготовления шины служит резина и специальная ткань — корд. Если изготовить шину только из резины, то при заполнении ее воздухом, она будет значительно изменять свои размеры и форму. Резина, использующаяся для производства шины, изготавливается из каучука (натурального и синтетического), к которому в процессе производства добавляются различные наполнители: сера, сажа, смолы и др.

При изготовлении пневматических шин для первых автомобилей использовался только натуральный каучук, который получали из смолы деревьев — каучуконосов. Синтетический каучук был впервые получен в нашей стране. Это изобретение принадлежит академику С. В. Лебедеву, который в 1931–1932 г. впервые в мире разработал технологию производства синтетического каучука. Для того чтобы эластичный каучук с наполнителями превратился в упругую резину, он должен пройти процесс вулканизации (соединение серы с каучуком, которое происходит при повышенной температуре). Шины вулканизируются в специальных пресс-формах, внутренняя поверхность которых соответствует наружной поверхности шины. Перед тем как шина попадает в пресс-форму, она собирается из составляющих ее элементов на специальных станках.

Покрышка конструктивно состоит из каркаса, брекера, протектора, боковины и борта.

Каркас шины изготавливается из нескольких слоев прорезиненного корда, представляющего собой ткань, состоящую из близко расположенных друг к другу продольных и редких поперечных нитей. Чем прочнее нити корда, тем долговечнее шина. В качестве нитей для изготовления корда в настоящее время применяют синтетическое волокно, стекловолокно и стальные нити (металлокорд). С увеличением слоев корда в каркасе увеличивается прочность шины, но одновременно растет ее масса и увеличивается сопротивление качению.



Рис. 4.6. **Конструкция пневматической шины:** 1 — двухслойный протектор (красным выделена мягкая резина); 2 — специальная форма бортового кольца; 3 — плечевые части, устойчивые к порезам; 4 — защитный бортовой слой

Борт шины имеет определенную форму, необходимую для плотной посадки ее на обод колеса. Борта шины не должны растягиваться, чтобы обеспечить плотную посадку шины на ободе и предотвращать возможность соскакивания шины с обода. С этой целью внутри бортов шины вставляются разрезные или неразрезные бортовые кольца, изготовленные из нескольких слоев прочной стальной проволоки. Снаружи борта покрыты прорезиненным кордом и тонким слоем резины.

Боковина шины представляет собой нанесенный на каркас тонкий слой эластичной и прочной резины. Она предохраняет шину от боковых повреждений и воздействия влаги.

Протектор шины обеспечивает сцепление шины с дорогой и предохраняет каркас от повреждений. Для его изготовления используется прочная, износостойкая резина. Внешняя часть протектора выполняется в виде четкого рисунка, под которым находится так называемый подканавочный слой. Рисунок протектора определяется типом и назначением шины.

Брекер представляет собой специальный пояс, выполненный из нескольких слоев прорезиненного корда, который находится между каркасом и протектором. От конструкции брекера в значительной степени зависит форма пятна контакта шины с дорогой. Брекер предохраняет каркас от толчков и ударов и передает усилия различным частям шины.

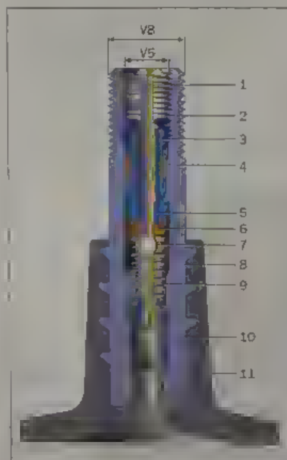


Рис. 4.7. **Вентиль камеры:** 1 — стержень золотника; 2 — резьбовая головка; 3 — втулка; 4 — уплотнитель; 5 — верхняя чашечка; 6 — уплотнительное кольцо золотника; 7 — нижняя чашечка; 8 — корпус вентиля; 9 — пружинка золотника; 10 — направляющая чашечка; 11 — обрезиненный кожух

Внутренняя поверхность шины покрыта тонким слоем резины. Состав применяющейся для этого слоя резины может быть разным в зависимости от типа шины (камерная или бескамерная).

В камерной шине для удержания сжатого воздуха используется камера, которая представляет собой эластичную, воздухонепроницаемую оболочку в виде замкнутой трубы. Для того чтобы при монтаже шины на обод камера не образовывала складок, размеры камеры должны быть несколько меньше, чем внутренние размеры шины. Поэтому заполненная воздухом камера находится в растянутом состоянии. Для накачивания и выпуска воздуха камера соединяется с вентилем (рис. 4.7) — специальным клапаном, форма и размеры которого зависят от типа шины. При монтаже шины на обод колеса вентиль должен проходить через специальное отверстие, выполненное в этом ободе.

Бескамерные шины внешне мало отличаются от камерных (рис. 4.8). Внутреннее покрытие такой шины должно быть изготовлено из слоя воздухонепроницаемой резины толщиной 2–3 мм, а на наружную поверхность борта наносят эластичную резину, которая обеспечивает герметичность при посадке шины на обод. Вентиль бескамерной шины образует герметичное соединение при установке его в отверстие обода колеса. При проколе бескамерной шины небольшим предметом этот предмет растягивает возду

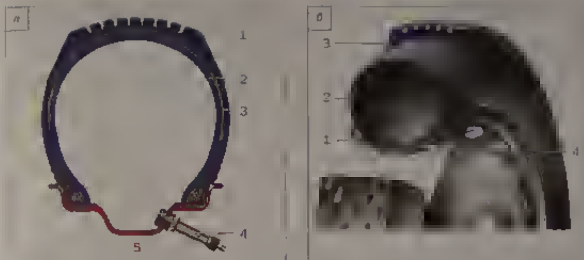


Рис. 4.8. **Конструкция колеса (а) с бескамерной шиной:** 1 — протектор; 2 — герметизирующий воздухонепроницаемый резиновый слой; 3 — каркас; 4 — вентиль колеса; 5 — обод; **(б) колеса с камерной шиной:** 1 — обод колеса; 2 — камера; 3 — шина (покрышка); 4 — вентиль

хонепроницаемый внутренний слой резины бескамерной шины и обволакивается ею. При этом воздух из бескамерной шины выходит очень медленно, в отличие от камерной, в которой камера находится в растянутом состоянии, и, следовательно, любое ее повреждение вызывает увеличение образовавшегося отверстия. Поэтому бескамерные шины более безопасны.

Ремонт небольших повреждений бескамерных шин можно производить без снятия шины с обода, герметизируя образовавшееся отверстие специальным материалом.

Важным преимуществом бескамерных шин по сравнению с камерными является меньшая масса и нагрев при движении. Последний обусловлен отсутствием трения камеры о шину и лучшим охлаждением. Так как износ шин в значительной степени зависит от рабочей температуры, бескамерные шины долговечнее. Не рекомендуется устанавливать в бескамерные шины камеры, поскольку при накачивании камеры между шиной и камерой могут образоваться воздушные подушки, которые будут мешать отводу тепла и приведут к местному перегреву шины. К недостаткам бескамерных шин следует отнести большую сложность ремонта в пути в случае сильных повреждений, а также необходимость в высокой чистоте и гладкости закраины обода для обеспечения герметичности.

КЛАССИФИКАЦИЯ ШИН

Автомобильные шины различаются по назначению, габаритам, конструкции и форме профиля.

По назначению автомобильные шины делят на две группы: для легковых и для грузовых автомобилей. Шины, предназначенные для легковых автомобилей, могут применяться на грузовых автомобилях небольшой грузоподъемности и соответствующих прицепах.

Конструкция шин определяется расположением нитей корда в каркасе. Различают два конструктивных типа автомобильных шин: диагональные и радиальные (рис. 4.9).

Долгое время на автомобилях применяли только диагональные шины, пока в 1947 г. фирма Michelin не разработала радиальную конструкцию шины. В настоящее время большинство автомобилей комплектуется радиальными шинами. В каркасе диагональной шины слои корда располагают под углом к радиусу колеса. Нити соседних слоев каркаса перекрещиваются. В каркасе должно быть только четное число слоев корда. У радиальной шины ни-

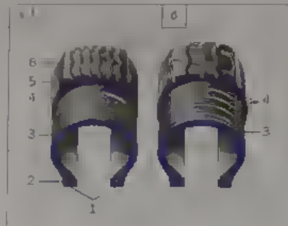


Рис. 4.9. **Конструкция диагональной (а) и радиальной (б) шины:** 1 — борта; 2 — бортовая проволока; 3 — каркас; 4 — брекер; 5 — боковина; 6 — протектор

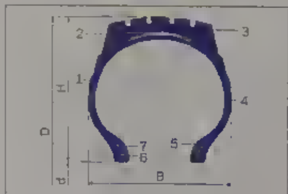


Рис. 4.10. **Конструктивные элементы и основные размеры шины:** D — наружный диаметр; H — высота профиля шины; B — ширина профиля шины, d — посадочный диаметр обода колеса (шины); 1 — каркас, 2 — брекер; 3 — протектор; 4 — боковина; 5 — борт; 6 — бортовая проволока; 7 — наполнительный шнур

ти корда в каркасе расположены по кратчайшему расстоянию между бортами вдоль радиуса колеса. Число слоев в каркасе может быть нечетным.

Расположение нитей в радиальной шине обеспечивает лучшее постоянство формы пятна контакта шины с дорогой, меньшие перемещения элементов протектора и, как следствие, такие шины меньше нагреваются и изнашиваются. Этот фактор стал решающим при переходе от диагональных шин к радиальным. Кроме того, современные радиальные шины обладают меньшим сопротивлением качению и обеспечивают лучшую устойчивость и управляемость автомобиля.

По форме профиля шины могут быть обычного профиля, широкопрофильные, низкопрофильные, сверхнизкопрофильные, арочные и пневмокатки. Профиль обычных шин близок к окружности (рис. 4.10). Отношение высоты профиля к ширине у обычных шин составляет больше 90 %.

В целом наблюдается тенденция к уменьшению отношения высоты профиля к его ширине (рис. 4.11).

Если шины первых автомобилей имели обычный профиль, то шины современных автомобилей, в особенности легковых, низкопрофильные или сверхнизкопрофильные, у которых отношение высоты профиля и ширине составляет от 70 % до 60 % и меньше.

Уменьшение высоты боковых стенок шины при неизменной ширине шины, дает возможность сделать колесо большего размера без увеличения общего диаметра шины. При этом увеличивается пространство для

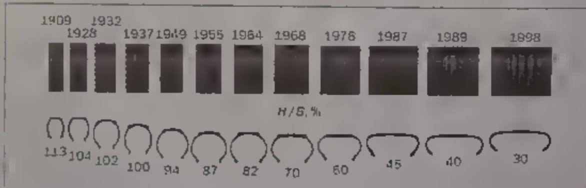


Рис. 4.11. **Изменение профиля автомобильных шин**

размещения большого, а значит и более эффективного дискового тормоза. Прицепы и полуприцепы современных автопоездов часто комплектуют сверхнизкопрофильными шинами для того чтобы понизить уровень пола и увеличить полезный грузовой объем этих транспортных средств. Уменьшение высоты профиля повышает жесткость боковых стенок шины, а это обеспечивает более быструю реакцию шины на командные сигналы рулевого управления. Уменьшение деформации боковых стенок шины снижает количество выделяемого при этом тепла и обеспечивает безопасную работу при более высоких скоростях. С другой стороны боковые стенки становятся жестче, а это приводит к ухудшению сглаживающей способности шин, а форма пятна контакта становится короче и шире. Такие шины могут отрицательно повлиять на управляемость автомобиля. Эти недостатки сдерживают широкое применение сверхнизкопрофильных шин для автомобилей массового производства, на которых обычно используются шины с отношением высоты к ширине профиля 60, 65, и 70 %. Встречаются легковые автомобили, оборудованные сверхнизкопрофильными шинами, у которых высота профиля составляет 30 % ее ширины.

Широкопрофильные и арочные шины устанавливают на колеса грузовых автомобилей с целью улучшения их проходимости. Одна такая шина может заменить сдвоенные шины.

Наилучшую проходимость на мягкой опорной поверхности (снег, песок, грязь) обеспечивают пневмокатки, имеющие бочкообразный профиль и высокую эластичность. Отношение высоты профиля к ширине составляет 25–40 %. Пневмокатки выпускаются только бескамерными, работают они при очень низком давлении воздуха (порядка 0,01–0,05 МПа). Высокая упругость и низкое внутреннее давление воздуха в пневмокатках обеспечивает очень низкое удельное давление на грунт.

РИСУНКИ ПРОТЕКТОРА ШИН

Большое влияние на движение автомобиля и его поведение на дороге оказывает тип рисунка протектора шины. Если бы автомобиль всегда ездил по сухим дорогам с твердым покрытием, то шина без рисунка протектора обеспечила бы наименьший шум и больший пробег до полного износа. Главная задача рисунка протектора — удалять воду из пятна контакта. Если шина гладкая, то при определенной скорости на мокрой дороге наступает явление, которое называется аквапланирование. При этом явлении вода не успевает вытесниться из пятна контакта и шина как бы всплывает над дорогой, теряя с ней контакт. Автомобиль при этом теряет управляемость, что может привести к аварии. Вот почему не допускается эксплуатировать автомобиль, если протектор изношен больше определенной величины. Для шин легковых автомобилей минимальная высота рисунка протектора составляет 1,6 мм. Все современные шины имеют так называемые индикаторы износа (рис. 4.12) — небольшие выступы в канавках протектора. При износе протектора до уровня этих выступов они появляются на поверхности протектора, свидетельствуя о непригодности шины к дальнейшей эксплуатации. Некоторые зимние шины имеют два различных индикатора износа — один для летней эксплуатации, а другой для зим



Рис. 4.12. **Индикатор износа шины. Выступы в канавках протектора шины имеют высоту 1,6 мм и свидетельствуют о полном износе шины**

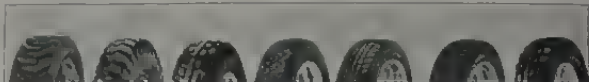


Рис. 4.13. Шины с различным рисунком протектора

ней. Отдельные производители применяют особые индикаторы износа. Например, у некоторых шин Nokian по мере износа на протекторе проявляются цифры, указывающие на остаточную величину протектора выраженную в миллиметрах.

Протектор некоторых шин специально создан для обеспечения наилучшего сцепления при движении в специфических дорожных условиях. В отечественной практике различают несколько типов рисунка протектора: дорожный, всесезонный, универсальный, повышенной проходимости, зимний и карьерный (рис. 4.13).

Дорожный рисунок протектора имеют шины, которые обеспечивают хорошее сцепление с усовершенствованным дорожным покрытием преимущественно в летний период времени.

Всесезонный рисунок предназначен для шин, эксплуатирующихся круглый год на дорогах с твердым покрытием. Он должен обеспечивать хорошее сцепление как с сухой, так и с мокрой дорогой, а также с дорогой, покрытой льдом или снегом.

Универсальный рисунок протектора обычно имеет в средней части беговой дорожки шины структуру дорожного рисунка, а ближе к краям — отдельные грунтозацепы. Такой протектор позволяет автомобилю съезжать с твердой дороги и двигаться по грунтовым дорогам.

Рисунок протектора повышенной проходимости обеспечивает возможность движения автомобиля по бездорожью, снегу и грязи. Протектор такой шины имеет расчлененные грунтозацепы, уплотняющие мягкую среду и обеспечивающие необходимое сцепление с опорной поверхностью.

Шины с карьерным рисунком протектора применяются на грузовых автомобилях, которые работают на каменистой поверхности, в карьерах, где дорога покрыта гравием и щебнем. Рисунок протектора должен быть очень редким, чтобы отдельные камни не застревали в канавках протектора.

Зимний рисунок протектора должен обеспечить возможность уверенного движения автомобиля по заснеженным дорогам и во время гололеда. В протекторе зимних шин предусмотрены участки (рис. 4.14) для установки в них шипов противоскольжения.



Рис. 4.14. Зимняя шина, предназначенная для шипования, без шипов

За рубежом для шин легковых автомобилей применяют несколько иную классификацию и шины подразделяются на шоссейные, зимние, всесезонные, скоростные и всесезонные скоростные.

Шоссейные (HIGHWAY) шины разработаны для движения по мокрой или сухой дороге с твердым покрытием. Использование таких шин зимой на льду или на снегу недопустимо, поскольку они не обладают необходимыми сцепными свойствами, характерными для зимних или всесезонных шин.

Зимние (SNOW или MUD+SNOW=M+S) шины обеспечивают максимальное сцепление с дорогой при движении по снегу и льду. Их протектор имеет характерный рисунок, обеспечивающий отвод снега из

зоны пятна контакта и отличается повышенными сцепными свойствами, а применение специальных компонентов в резиновых смесях способствует сохранению их свойств при низких температурах. Однако улучшение сцепных свойств обычно сопровождается снижением управляемости на сухом покрытии в результате повышенного внутреннего трения, достаточно быстрым износом протектора, а также более высоким уровнем шума при движении.

Всесезонные (ALL SEASON) шины сочетают хорошие сцепные свойства на мокрой или заснеженной дороге с достаточной управляемостью, комфортом при движении и износостойкостью протектора.

Скоростные (PERFORMANCE) шины созданы для установки на высокодинамичных автомобилях. Такие шины призваны обеспечить повышенные сцепные свойства и более высокий уровень управляемости. Кроме того, вследствие особых условий эксплуатации, скоростные шины должны противостоять значительным температурным нагрузкам. При применении скоростных шин возникают определенные неудобства, связанные с меньшим комфортом при езде, с быстрым износом.

Всесезонные скоростные (ALL SEASON PERFORMANCE) шины созданы специально для получения улучшенных скоростных характеристик при круглогодичной эксплуатации автомобиля на разных дорожных покрытиях, включая движение по льду и снегу. Создание таких шин стало возможным только благодаря внедрению современных технологий, появившихся в последние несколько лет.

МАРКИРОВКА ШИН

На боковины современных шин нанесена буквенная, цифровая и другая маркировка, несущая необходимую информацию (рис. 4.15).

Любая шина имеет на боковине обозначение производителя, а также торговую марку данной модели шины.

Очень важной является надпись, нанесенная крупными символами и указывающая на размерность шины. Например:

185/70 R14 83 S

Первая цифра в размерности шины указывает на ширину профиля шины (исключение составляют широкопрофильные шины, у которых первая цифра обозначает наружный диаметр шины). В приведенном примере 185 — это ширина профиля, выраженная в миллиметрах. Этот параметр проверяется на шине, накачанной до номинального давления.

Если шина низкопрофильная или сверхнизкопрофильная, то через косую черту указана цифра, указывающая отношение высоты профиля к ширине, выраженное в процентах (в нашем примере 70). Эту цифру называют серией шины. Если в обозначении шины отсутствует серия, то шина имеет обычный профиль и отношение высоты профиля к ширине составляет 80–82 %.

Буква R указывает, что шина имеет радиальную конструкцию. Если буквы R нет — шина диагональная.

Следующая цифра (в нашем случае 14), указывает посадочный внутренний диаметр шины, т. е. соответствует диаметру обода колеса. Посадочный диаметр выражается в дюймах. Один дюйм равен 25,4 мм, значит, в приведенном примере посадочный диаметр равен 14 × 25,4=355,6 мм.

Следующие затем число и буква латинского алфавита являются соответственно индексами нагрузки и скорости. Индекс нагрузки является условным, и для определения максимальной нагрузки для конкретной шины необходимо обратиться к таблице в справочнике и найти весовой эквивалент, относящийся к определенному индексу. Например, максимальная

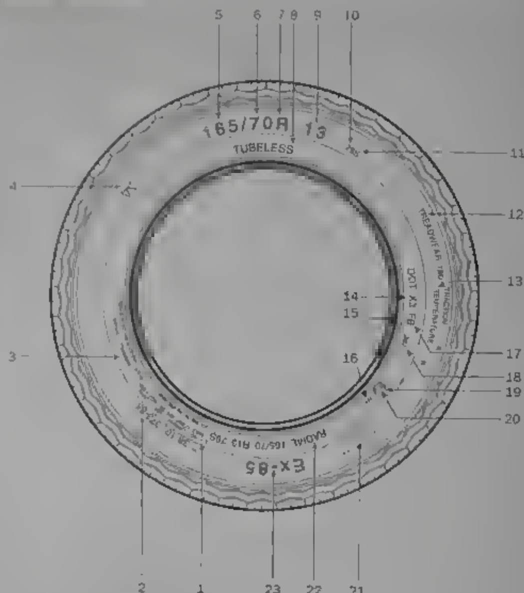


Рис. 4.15. **Обозначения на шинах российского и европейского производства:** 1 — максимальная нагрузка и давление (по стандарту США); 2 — номер ТУ; 3 — количество слоев и тип корда каркаса и брекера; 4 — государственный знак высшей категории качества (до 1992 г.); 5 — ширина профиля; 6 — серия «70» (отношение H/B); 7 — обозначение радиальной шины; 8 — обозначение бескамерной шины; 9 — диаметр обода (13"); 10 — индекс грузоподъемности; 11 — индекс скорости («S» — до 180 км/ч); 12 — условное обозначение износостойкости шины (по стандарту США); 13 — условное обозначение показателей термостойкости шины (по стандарту США); 14 — условное обозначение кода завода (по стандарту США); 15 — номер сборщика (15); 16 — номер сертификата официального утверждения на соответствие шин Международным правилам № 30 ЕЭК ООН (1247); 17 — условное обозначение кода размера (по стандарту США); 18 — дата изготовления (28 неделя 1987 г.); 19 — знак официального утверждения шины на соответствие Международным правилам № 30 ЕЭК ООН (E); 20 — условный номер страны, выдавшей сертификат утверждения (5 — Швеция); 21 — серийный порядковый номер шины; 22 — радиальная шина; 23 — наименование модели

нагрузка для шины с индексом 83 составляет 483 кг. Иногда максимальная нагрузка на шину расшифровывается. В этом случае имеется надпись MAX LOAD (максимальная нагрузка) и указывается масса сначала в килограммах, а затем в фунтах.

И, наконец, последний буквенный индекс указывает на максимально допустимую скорость движения автомобиля, для которой предназначена данная шина.

Ниже приводится таблица 4.1 индексов скорости.

Таблица 4.1 Скорость автомобиля, соответствующая буквенному индексу на шине

Индекс	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	H	V	VR	W	Y	ZR
Скорость, км/ч	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	>210	270	300	>240

Скорость движения автомобиля, соответствующая конкретному индексу, является максимально допустимой для данной шины. Например, для шины с индексом S максимальная скорость составляет 180 км/ч, и превышать ее недопустимо.

Некоторые производители шин указывают в надписи размерности шины ее назначение. Например, латинская буква P (Passenger) перед значением ширины профиля шины означает, что шина предназначена для легкового автомобиля. Буквы LT (Light Truck) указывают, что шина для малотоннажного грузового автомобиля.

Обозначение DOT указывает на соответствие шины стандартам США, а индекс E22, расположенный в круге, — на соответствие европейским стандартам. Цифровой индекс указывает на страну, проводившую сертификацию (в нашем примере 22 — Россия).

Согласно нормативным документам США на шине должны быть указаны: индекс износостойкости, TREAD WEAR INDEX (TWI); индекс, указывающий на сцепные свойства (TRACTION INDEX); температурный индекс (TEMPERATURE INDEX). Соответствующие надписи имеются для обозначения материала и числа слоев корда в конструкции шины.

Максимально допустимое давление воздуха в шине указывается в килопаскалях (кПа) и фунтах на квадратный дюйм после надписи MAX PRESSURE. Это давление измеряется при холодном состоянии шины.

Некоторые латинские буквы, нанесенные на шине, указывают на соответствие условиям эксплуатации.

Буквы «M+S» (Mud+Snow — грязь+снег) указывают на то, что шина может использоваться при движении по грязи и снегу.

WINTER (зима) — зимние шины.

AQUATRED или AQUA CONTACT — шины предназначенные, в основном, для движения по мокрым дорогам.

AS (All Seasons — все сезоны) или AW (Any Weather — любая погода) — всесезонные шины, пригодные к использованию на твердых дорогах в любое время года на любом, в том числе мокром и скользком покрытии. Иногда назначение шины указывается пиктограммами.

Слово tubeless указывает на бескамерную шину. TWI (tread wear indicator — индикатор износа протектора) — знак на боковине шины показывает расположение отметок остаточной высоты рисунка в канавках протектора. Знак наносят по боковине у самого края протектора равномерно в шести местах по окружности с каждой стороны шины. Метка может представлять собой либо упомянутую выше аббревиатуру (TWI), либо TWI со стрелкой, либо просто стрелку без букв.

Овал с тремя цифрами на одной из сторон шины указывает на время ее изготовления. Первые две цифры обозначают неделю изготовления, а третья — год изготовления. Шины, выпущенные с 2000 г., имеют четырехзначное обозначение даты изготовления.

На шинах с асимметричным рисунком протектора можно встретить одну из следующих надписей:

ROTATION — направление вращения (применяется со стрелкой);

LEFT — шина устанавливается на левую сторону автомобиля;

RIGHT — шина устанавливается на правую сторону автомобиля;

OUTSIDE или Side Facing Out — внешняя сторона установки;

INSIDE или Side Facing Inwards — внутренняя сторона установки.

Ведущие производители автомобильных шин постоянно совершенствуют их конструкцию и применяют новейшие материалы. Технические разработки направлены в основном на повышение долговечности шин, снижение сопротивления качению, улучшение сцепных свойств шин, особенно на скользких дорожных покрытиях, снижение шума и создание «безопасных» шин.

БЕЗОПАСНЫЕ ШИНЫ

Сегодня практически все водители вынуждены возить с собой запасное колесо и инструменты для его замены, которые обладают определенным весом и занимают место в автомобиле. Некоторые производители комплектуют свои автомобили малоразмерными запасными колесами, так называемыми докатками (рис. 4.16), имеющими небольшой вес и габариты и позволяющими с небольшой скоростью доехать до места ремонта.

Тем не менее многие водители предпочитают возить с собой полноразмерные запасные колеса. В настоящее время также появились специальные шины, которые позволяют обойтись без запасного колеса.

В течение многих лет ведущие производители шин делали попытки создания шин, которые не боятся проколов. Некоторые производители (Goodyear, Michelin) выпускали бескамерные шины с несколькими герметизирующими слоями, которые очень медленно выпускали воздух в случае небольших повреждений. Другие (Dunlop, Continental) устанавливали внутри шины специальные капсулы, которые при смятии шины в результате выхода воздуха разрушались и выделяли герметизирующий состав и газ, который накачивал шину. Существуют и другие варианты безопасных конструкций шин и устройства для быстрого ремонта поврежденных шин.

Компания Michelin разработала безопасную шину «PAX» (рис. 4.17), которая действительно не боится проколов и дает возможность автомобилю двигаться на проколотой шине около 160 км со скоростью до 88 км/ч, сохраняя управляемость и устойчивость. Этого, как правило, достаточно для того, чтобы добраться до ремонтной мастерской.

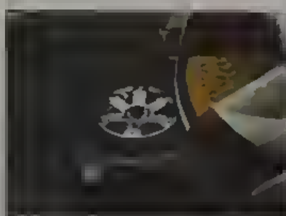


Рис. 4.16. Небольшое запасное колесо «докатка» не занимает много места

Кроме повышенной безопасности шина «PAX» обладает меньшим сопротивлением качению и меньшей деформацией при действии боковых сил, что улучшает показатели устойчивости и управляемости автомобиля. Бортовая часть шины имеет специальную конструкцию, за счет которой шина прочно удерживается на ободе. Обод колеса, предназначенного для шины «PAX», несимметричен и не может использоваться для стандартных шин. Обод имеет плоское металлическое кольцо, покрытое эластичным материалом. Кольцо располагается внутри смонтированной на ободе шины и при выходе из нее воздуха обеспечивает необходимую опору.

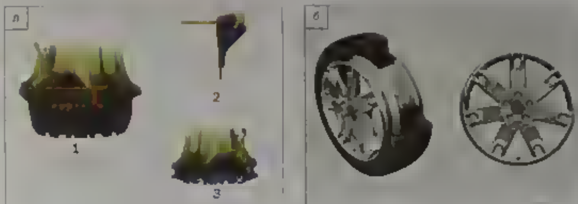


Рис. 4.17. **Шины «PAX» компании Michelin а:** 1 — профиль шины и обода; 2 — конструкция борта шины обеспечивает плотное прижатие к полке обода; 3 — в спущенном состоянии шина опирается на усиленное кольцо; **б: шины «PAX» устанавливаемые на новые автомобили Audi.**

К недостатку шины «PAX» следует отнести то, что она требует нестандартный обод, а для ее монтажа необходимо специальное оборудование. Тем не менее некоторые серийные автомобили комплектуются такими шинами.

Компания Goodyear выпускает шину EMT (Extended Mobility Tire — шина повышенной мобильности). Шина EMT (рис. 4.18) внешне мало отличается от обычной и может устанавливаться на стандартный обод. При проколе воздух из шины выходит, но она поддерживается в рабочем

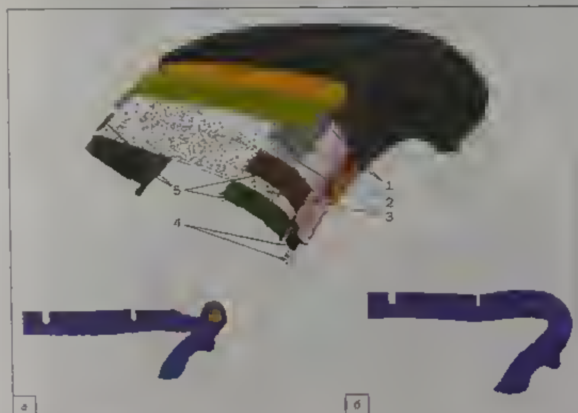


Рис. 4.18. **Шина повышенной мобильности EMT:** 1 — слои брекера; 2 — дополнительная вставка в плечевой зоне; 3 — каркас шины; 4 — бортовое кольцо; 5 — слои в каркасе, **а — складывание обычной шины; б — складывание шины EMT**



Рис. 4.19. Система производства компании Siemens постоянно контролирует давление воздуха в шинах посредством датчиков, установленных в колесах

состоянии за счет особой конструкции. В плечевой зоне шины, боковине и брекере имеются специальные вставки из синтетического материала, которые не позволяют шине складываться и разрушаться от нагрева.

Водитель автомобиля, оборудованного безопасными шинами, может не заметить прокола, поэтому производители таких шин требуют, чтобы на автомобили устанавливались системы, предупреждающие водителя о падении давления в шинах (рис. 4.19). Некоторые автомобили уже комплектуются этими системами, а с ноября 2006 г. все легковые автомобили, выпускаемые в США, должны быть оборудованы ими в обязательном порядке.

Увеличить безопасность и сберечь шины могут не только описанные конструкции, но и системы постоянной подкачки шин. Такие системы успешно используются на некоторых грузовых автомобилях повышенной проходимости, но они имеют довольно сложное устройство и требуют наличия постоянно работающего компрессора. Фирма Cycloid изготавливает небольшие насосы (рис. 4.20), которые устанавливаются на ступицу колеса и соединяются шлангом с вентилем шины. Такой насос приводится от вращающейся ступицы колеса и при этом гарантированно поддерживает постоянное давление воздуха в шине.

Пока такие насосы предназначены только для грузовиков, но фирма заявляет о скором выпуске насосов и для легковых автомобилей.

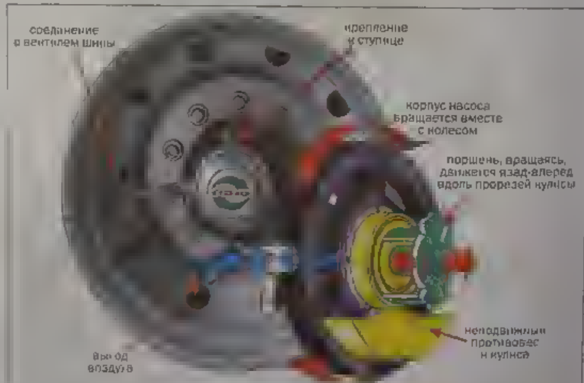


Рис. 4.20. Насос фирмы Cycloid состоит из противовеса, эксцентрика, поршня с цилиндром и клапанов. Для работы насоса требуется только вращение колеса

§ 27

ПОДВЕСКА

Подвеска входит в несущую систему автомобиля, она связывает колеса с кузовом, воспринимает силы, действующие на движущийся автомобиль, и гасит колебания кузова.

Подвеска автомобиля обеспечивает упругую связь между колесами автомобиля и его кузовом (рамой). Если бы автомобиль не имел подвески, водитель, пассажиры и груз подвергались бы постоянным воздействиям от неровностей дороги, ощущали бы постоянные толчки, удары и вибрации, возникающие при движении автомобиля. Таким образом, подвеска автомобиля обеспечивает необходимый комфорт пассажирам и сохранность грузов. Подвеска снижает величину силового воздействия на элементы конструкции автомобиля от дороги, уменьшая тем самым вероятность поломок, и обеспечивает постоянный контакт колес с дорогой. От конструкции подвески в значительной степени зависит поведение автомобиля на дороге, возможность достижения высоких скоростей и безопасность при совершении маневров.

Подвеска любого автомобиля состоит из направляющего, упругого, гасящего устройства и элементов крепления подвески (рис. 4.21). В конструкции подвесок большинства автомобилей применяют стабилизаторы поперечной устойчивости.

С помощью направляющего устройства подвески колесо автомобиля соединяется с кузовом или рамой автомобиля. Через элементы направляющего устройства на кузов автомобиля передаются все силы, возникающие в контакте колеса с дорогой. Кроме того, направляющее устройство определяет характер перемещения колес относительно кузова автомобиля.

При наезде колеса на неровность дороги оно приподнимается, и это перемещение воспринимается упругим устройством подвески, которое деформируется (рис. 4.22) и тем самым накапливает полученную энергию. Затем накопленная энергия передается кузову автомобиля, который, в свою очередь, приподнимается на некоторую высоту, а затем начинает опускаться.

За счет упругих свойств подвески исключается повторение кузовом автомобиля дорожных неровностей и существенно улучшается плавность хода автомобиля. Потеря энергии при работе упругого элемента незначительна, и поэтому возникающие колебания кузова могут продолжаться довольно долго, что неблагоприятно сказывается на комфортабельности движения. Для уменьшения амплитуды колебаний применяют гасящие устройства — амортиза-

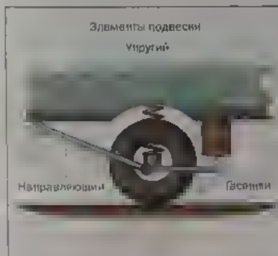


Рис. 4.21. **Устройство подвески автомобиля**



Рис. 4.22. **Наезд колеса автомобиля на дорожную неровность**

торы, которые эффективно рассеивают энергию и приводят к быстрому затуханию колебаний. На самочувствие человека влияет не только амплитуда колебаний кузова, но и их частота. Поэтому при конструировании подвески с помощью подбора упругих и гасящих устройств разработчики стремятся обеспечить необходимые характеристики.

ПОДРЕССОРЕННЫЕ И НЕПОДРЕССОРЕННЫЕ МАССЫ

Конструкция подвески автомобиля в значительной степени определяется соотношением между подрессоренными и неподрессоренными массами (рис. 4.23).

Из названия можно сделать вывод, что подрессоренной массой автомобиля считается та его часть, которая воспринимается подвеской и имеет между собой и дорогой упругий элемент. К неподрессоренным массам относятся все оставшиеся части: колеса, шины, ступицы колес, тормозные барабаны или диски. При наезде колеса на дорожную неровность оно поднимается и передает усилие на кузов, действуя через упругий элемент. Воздействие этого перемещения колеса на перемещение кузова зависит от того, насколько кузов тяжелее колеса и всего, что соединено с ним, — другими словами, от соотношения подрессоренных и неподрессоренных масс. Чем меньше величина неподрессореных масс, тем меньшее воздействие на плавность хода оказывает движение по неровной дороге. Это явилось основной причиной перехода к независимым подвескам, которые не имеют тяжелой балки, соединяющей колеса, и в которых только само колесо и все, что связано с ним, является неподрессоренным.

Большая величина отношения подрессоренных и неподрессоренных масс оказывает влияние не только на плавность хода, но и на способность автомобиля держать дорогу. Чем тяжелее кузов относительно колеса, тем быстрее колесо возвращается на место постоянного контакта, после того как оторвется от дороги при наезде на неровность. Поэтому конструкторы современных автомобилей стремятся максимально снизить величину неподрессоренных масс.



Рис. 4.23 **Подрессоренные и неподрессоренные массы автомобиля**

Для повышения устойчивости автомобиля при движении, легкости управления и снижения износа шин служат углы установки передних управляемых колес. К таким углам относятся схождение и развал колес, продольный и поперечный наклон геометрической оси поворота управляемого колеса.

Передние колеса автомобиля (а иногда и задние) устанавливают не параллельно, а под определенными углами друг к другу. Положение колеса относительно вертикальной плоскости называется развалом колеса, а относительно горизонтальной — схождением. Схождение и развал бывают как положительными, так и отрицательными (рис. рис. 4.24).

Несмотря на то что наименьшее сопротивление движению и меньший износ шин будут в случае, когда колеса катятся в вертикальных плоскостях, параллельных продольной оси автомобиля, их все же устанавливают с развалом и схождением. Дело в том, что при движении автомобиля его колеса нагружены силами взаимодействия с дорогой. Например, на передние колеса автомобиля с задним приводом большую часть времени действуют силы, направленные против движения и стремящиеся развернуть колеса наружу. В подвеске автомобиля имеются упругие элементы, которые имеют определенную эластичность и дают возможность колесам повернуться наружу. Для того чтобы при движении колеса катились параллельно продольной плоскости автомобиля, их предварительно устанавливают с небольшим положительным схождением. У автомобилей с передними ведущими колесами, у которых большую часть времени на эти колеса действует сила тяги, совпадающая с направлением движения, колеса устанавливаются с отрицательным схождением. Установка колес с развалом обусловлена более сложными причинами. Колеса при движении автомобиля по возможности должны находиться в положении, когда они перпендикулярны дорожной поверхности (нулевой угол развала). Если колесо катится под углом к вертикали, сцепление шины с дорогой уменьшается, а пятно контакта шины с дорогой изменяет свою форму, что приводит к появлению боковой силы, которая стремится дестабилизировать движение автомобиля.

Можно создать такую независимую подвеску, в которой колесо будет перемещаться в вертикальной плоскости без наклона при движении по любой прямолинейной дороге. Гораздо труднее сохранить вертикальность колеса, когда кузов автомобиля, к которому присоединен направляющий элемент, накреняется при прохождении автомобилем поворота. Поэтому конструкторы современных подвесок выяснили, что лучше позволить изменяться развалу,

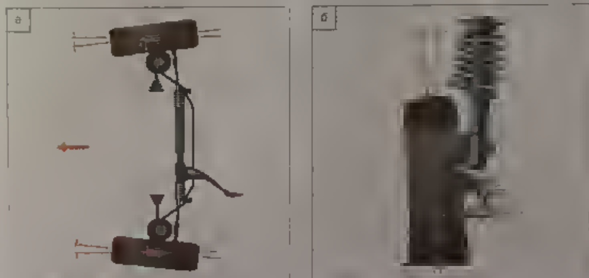


Рис. 4.24. Схождение (а) и развал (б) колес

но сделать его направленным противоположно крену кузова, поскольку это сохраняет вертикальное положение колес при поворотах. Такой подход обеспечивает улучшение сцепных свойств при прохождении поворотов и, как следствие, улучшение устойчивости и управляемости.

Для самовозврата колес к прямолинейному движению после поворота служит угол поперечного наклона шкворня. Наличие такого наклона приводит к возникновению стабилизирующего момента на управляемых колесах, который зависит от величины этого угла наклона и силы тяжести, приходящихся на управляемые колеса, но не зависит от скорости движения. Эти углы лежат в пределах 6–10°.

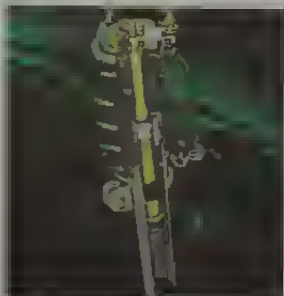
Наклон геометрической оси в продольной плоскости заключается в смещении нижнего конца этой оси относительно вертикали. Данный угол наклона служит для сохранения прямолинейного движения колес при движении с большими скоростями. Создаваемые реактивные усилия на плечах, представляющих собой расстояния от точек касания с дорогой, стремятся вернуть колеса в положение прямолинейного движения. Этот угол обычно равен 1–3,5° и зависит от боковой упругости шин.

УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В качестве упругих устройств в подвесках современных автомобилей используют металлические и неметаллические элементы. Наибольшее распространение получили металлические устройства: пружины, листовые рессоры и торсионы.

Наиболее широко (особенно в подвесках легковых автомобилей) применяются витые пружины, изготавливаемые из стального упругого стержня круглого сечения (рис. 4.25).

При сжатии пружины по вертикальной оси, ее витки сближаются и закручиваются. Если пружина имеет цилиндрическую форму, то при ее деформации расстояние между витками сохраняется постоянным и пружина имеет линейную характеристику. Это значит, что деформация цилиндрической пружины всегда прямо пропорциональна приложенному усилию, а пружина имеет постоянную жесткость. Если изготовить витую пружину из прутка переменного сечения или придать пружине определенную форму (в виде бочонка или кокона), то такой упругий элемент будет иметь переменную жесткость. При сжатии такой пружины вначале будут сближаться менее жесткие витки, а после их соприкосновения в работу вступят более жесткие. Пружины переменной жесткости широко применяются в подвесках современных легковых автомобилей.


Рис. 4.25. **Пружина подвески автомобиля Jaguar с переменной жесткостью**

К достоинствам пружин, применяемых в качестве упругих элементов подвесок, следует отнести их малую массу и возможность обеспечения высокой плавности хода автомобиля. В то же время пружина не может передавать усилия в поперечной плоскости и ее применение требует наличия в подвеске сложного направляющего устройства.

Листовая рессора служила упругим элементом подвески еще на гужевых экипажах и первых автомобилях, но она продолжает применяться и в наши дни, правда в основном на грузовых автомобилях. Ти-

личная листовая рессора состоит из набора скрепленных между собой листов (рис. 4.26) различной длины, изготовленных из пружинной стали. Листовая рессора обычно имеет форму полуэллипса.

Листы, из которых состоит рессора, имеют различную длину и кривизну. Чем меньше длина листа, тем больше должна быть его кривизна, что необходимо для более плотного взаимного прилегания листов в собранной рессоре. При такой конструкции уменьшается нагрузка на самый длинный (коренной) лист рессоры. Листы рессоры скрепляют между собой центровым болтом и хомутами. С помощью коренного листа рессора прикрепляется шарнирно обоими концами к кузову или раме и может передавать усилия от колес автомобиля на раму или кузов. Форма концов коренного листа определяется способом крепления его к раме (кузову) и необходимостью обеспечения компенсации изменения длины листа (рис. 4.27). Один из концов рессоры должен иметь возможность поворачиваться, а другой поворачиваться и перемещаться.

При деформации рессоры ее листы изгибаются и изменяют свою длину. При этом происходит трение листов друг о друга, и поэтому они требуют смазки, а между листами рессор легковых автомобилей устанавливают специальные антифрикционные прокладки. В то же вре-

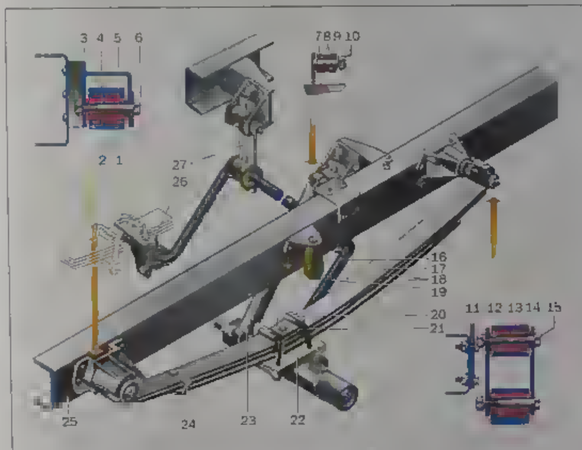


Рис. 4.25. **Задняя рессорная подвеска:** 1 — проушина рессоры; 2 — резиновая втулка; 3 — кронштейн; 4 — втулка; 5 — болт; 6 — шайбы; 7 — палец; 8 — резиновые втулки; 9 — пружинная шайба; 10 — гайка; 11 — кронштейн; 12 — втулка резиновая; 13 — втулка; 14 — пластина серьги; 15 — болт; 16 — штанга стабилизатора; 17 — коренной лист; 18 — листы рессоры; 19 — резиновый буфер хода сжатия; 20 — стремянки; 21 — накладка; 22 — балка заднего моста; 23 — амортизатор; 24 — хомут; 25 — лонжерон рамы; 26 — кронштейн стабилизатора; 27 — серьга стабилизатора



Рис. 4.27. **Способы крепления рессор: а — свитыми ушками; б — на резиновых подушках; в — с накладным ушком и скользящей опорой**

ме наличие трения в рессоре позволяет гасить колебания кузова и в некоторых случаях дает возможность обойтись без применения в подвеске амортизаторов. Рессорная подвеска имеет простую конструкцию, но большую массу, что и определяет наибольшее ее распространение в подвесках грузовых автомобилей и некоторых легковых автомобилях повышенной проходимости. Для уменьшения массы рессорных подвесок и улучшения плавности хода иногда применяются малолистовые и однолистовые рессоры с листом переменного по длине сечения. Довольно редко в подвесках применяются рессоры, изготовленные из армированной пластмассы. Например, в задней подвеске автомобиля Volvo 940 использовалась такая рессора, установленная поперечно.

Торсион — металлический упругий элемент, работающий на скручивание. Обычно торсион представляет собой сплошной металлический стержень круглого сечения с утолщениями на концах, на которых нарезаны шлицы. Встречаются подвески, в которых торсионы изготовлены из набора пластин или стержней (автомобили ЗАЗ). Одним концом торсион крепится к кузову (раме), а другим к направляющему устройству. При перемещениях колес торсионы закручиваются, обеспечивая упругую связь между колесом и кузовом. В зависимости от конструкции подвески торсионы могут располагаться как вдоль продольной оси автомобиля (обычно под полом), так и поперек. Торсионные подвески получаются компактными и легкими (рис. 4.28) и дают возможность регулировки подвески путем предварительного закручивания торсионов.

Неметаллические упругие элементы подвесок делятся на резиновые, пневматические и гидропневматические.

Резиновые упругие элементы присутствуют практически во всех конструкциях подвесок, но не в качестве основных, а как дополнительные, используемые для ограничения хода колес вверх и вниз. Применение дополнительных резиновых ограничителей (буферов, отбойников) ограничивает деформацию основных упругих элементов подвески, увеличивая ее жесткость при больших перемещениях и предотвращая удары металла по металлу. В последнее время резиновые элементы все чаще заменяются устройствами из синтетических материалов (полиуретан).

В **пневматических** упругих элементах используются упругие свойства сжатого воздуха. Упругий элемент представляет собой баллон, изготовленный из армированной резины, в который подается под давлением воздух от специального компрессора. Форма пневмобаллона может быть различной. Получили распространение баллоны рукавного типа (рис. 4.29,а) и диафрагменные (двухсекционные) баллоны (рис. 4.29,б).

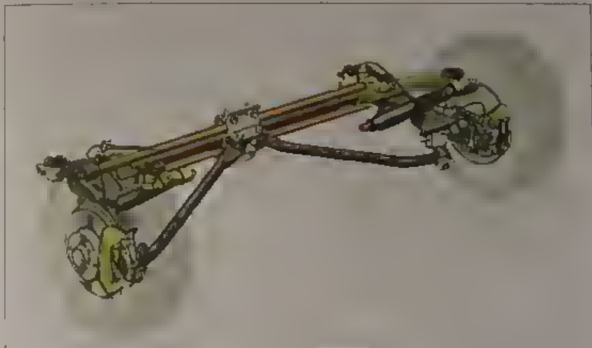


Рис. 4.28. **Торсионная подвеска. В задней подвеске автомобиля Peugeot 206 используются два торсиона, соединенные с продольными рычагами. В направляющем устройстве подвески применяются трубчатые рычаги, установленные под углом к продольной оси автомобиля**

К преимуществам пневматических упругих элементов подвесок следует отнести высокую плавность хода автомобиля, небольшую массу и возможность поддержания постоянным уровня пола кузова, независимо от загрузки автомобиля. Подвески с пневматическими упругими элементами применяют на автобусах, грузовых и легковых автомобилях. Постоянство уровня пола грузовой платформы обеспечивает удобство погрузки и разгрузки грузового автомобиля, а для легковых автомобилей и автобусов — удобство при посадке и высадке пассажиров. Для получения сжатого воздуха на автобусах и грузовых автомобилях с пневматической тормозной системой используются штатные компрессоры, приводимые в действие от двигателя, а на легковых автомобилях устанавливают специальные компрессоры, как правило, с электроприводом (Range Rover, Mercedes, Audi). Использование пневматических упругих элементов требует применения в подвеске сложного направляющего элемента и амортизаторов. Подвески с пневматическими упругими элементами некоторых современных легковых автомобилей имеют сложное электронное управление (рис. 4.30), которое

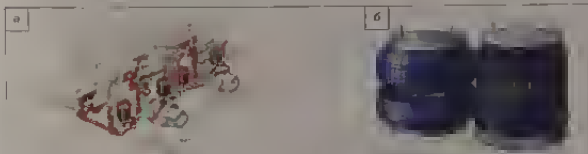


Рис. 4.29. **Упругие элементы пневматических подвесок: а — рукавного типа; б — двойные баллоны**



Рис. 4.30 Пневмоподвеска. На новых автомобилях Mercedes E-класса вместо пружин стали применяться пневматические упругие элементы

обеспечивает не только постоянство уровня кузова, но и автоматическое изменение жесткости отдельных пневмобаллонов на поворотах и при торможении, для уменьшения крена кузова и клевков, что в целом повышает комфортабельность и безопасность движения.

Гидропневматический упругий элемент представляет собой специальную камеру, разделенную на две полости эластичной мембраной или поршнем (рис. 4.31).

Одна из полостей камеры заполнена сжатым газом (обычно азотом), а другая жидкостью (специальным маслом). Упругие свойства обеспечиваются сжатым газом, поскольку жидкость практически не сжимается. Перемещение колеса вызывает перемещение поршня, находящегося в цилиндре, заполненном жидкостью. При ходе колеса вверх поршень вытесняет из цилиндра жидкость, которая поступает в камеру и воз-

Рис. 4.31 **Гидропневматический упругий элемент:** 1 — сжатый газ; 2 — корпус; 3 — жидкость; 4 — к насосу; 5 — к амортизаторной стойке

действует на разделительную мембрану, которая перемещается и сжимает газ. Для поддержания необходимого давления в системе используется гидравлический насос и гидроаккумулятор. Изменяя давление жидкости, поступающей под мембрану упругого элемента, можно изменять давление газа и жесткость подвески. При колебаниях кузова жидкость проходит через систему клапанов и испытывает сопротивление. Гидравлическое трение обеспечивает гасящие свойства подвески. Гидропневматические подвески обеспечивают высокую плавность хода, возможность регулировки положения кузова и эффективное гашение колебаний. К основным недостаткам такой подвески относится ее сложность и высокая стоимость. Она применяется на некоторых легковых автомобилях (Citroën, Mercedes, Rolls-Royce и др.) и реже на грузовых автомобилях (БелАЗ).

СТАБИЛИЗАТОРЫ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

При повороте автомобиля его кузов наклоняется на определенный угол, называемый углом крена. Величина угла крена зависит от конструкции подвески. Стабилизаторы поперечной устойчивости уменьшают угол крена кузова на поворотах и перераспределяют вес по колесам автомобиля.

Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля представляет собой упругую штангу из пружинной стали в виде растянутой буквы П (рис. 4.32). Штанга закреплена шарнирно в средней части на кузове или подрамнике, а своими концами соединяется с подвижными

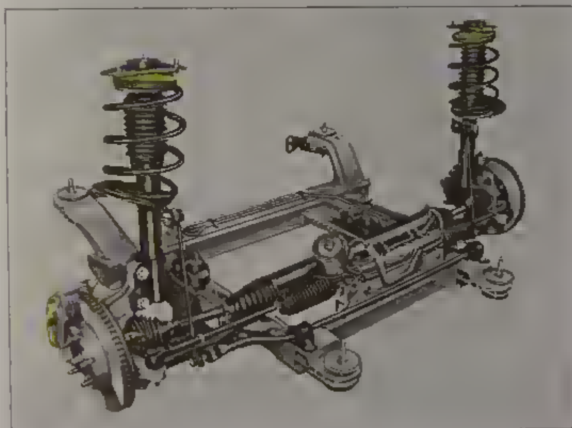


Рис. 4.32. Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля Pontiac Grand Prix в средней части соединяется с помощью кронштейнов к подрамнику, а его концы шарнирными тягами присоединяются к стойкам подвески

элементами подвески. Стабилизаторы могут устанавливаться как в передней, так и в задней части автомобиля. Упругие свойства стабилизатора проявляются при его закручивании, как у торсиона. Если при движении автомобиля левое и правое колесо перемещаются одновременно и на одинаковое расстояние, стабилизатор практически не оказывает влияния на жесткость основных упругих элементов подвески. Стабилизатор закручивается и изменяет жесткость, уменьшая тем самым величину крена автомобиля. Большинство современных легковых автомобилей оборудуются как минимум передним стабилизатором поперечной устойчивости.

В то же время применение стабилизаторов создает определенные проблемы. Например, когда колесо, соединенное со стабилизатором, подскакивает на дорожной неровности, стабилизатор реагирует на перемещение колеса, стремясь накренить кузов. На плохих дорогах это может привести к раскачиванию кузова в поперечном направлении. Кроме того, при резких поворотах на большой скорости перераспределение нагрузки за счет жесткого стабилизатора поперечной устойчивости может привести к отрыву от дороги внутреннего колеса.

АМОРТИЗАТОРЫ

Как уже отмечалось выше, для быстрого гашения колебаний кузова, возникающих в результате деформации рессор или пружин подвески, применяются амортизаторы. Кроме того, амортизатор снижает скорость вертикального перемещения колеса относительно кузова.

В подвесках первых автомобилей применялись амортизаторы с механическим трением. Обычно такой амортизатор состоял из набора фрикционных дисков, сжатых пружиной, которые терлись друг о друга при перемещениях подвески. Такие амортизаторы быстро изнашивались и ухудшали плавность хода автомобиля. Им на смену пришли гидравлические рычажные амортизаторы, в которых механическое трение было заменено на трение жидкости, проходящей через калиброванные отверстия. Рычажные амортизаторы были довольно компактны, но работали при высоких давлениях жидкости, сильно нагревались и были недолговечны. В подвесках современных автомобилей применяются телескопические гидравлические амортизаторы (рис. 4.33).

Действие такого амортизатора основано на использовании гидравлического сопротивления, возникающего при перетекании жидкости из одной полости цилиндра в другую через отверстия, перекрываемые клапанами сжатия и отдачи.

Телескопический амортизатор состоит из герметичного цилиндра, внутри которого перемещается поршень, соединенный со штоком. Цилиндр заполнен жидкостью. В поршне имеются отверстия определенного диаметра, которые закрываются подпружиненными клапанами. Один клапан установлен сверху поршня, другой — снизу. Поскольку жидкость является несжимаемой, то при перемещении поршня в одной из полостей цилиндра повышается давление, которое открывает соответствующий клапан, и жидкость перетекает через отверстия из одной полости цилиндра в другую. Эффективность действия амортизатора пропорциональна скорости движения поршня в цилиндре. Скорость перетекания жидкости из одной полости цилиндра в другую зависит от диаметров отверстий и разности давлений в полостях. Современные телескопические амортизаторы обычно двухсторонние, т. е. они оказывают сопротивление как при сжатии, так и при растяжении (отдаче). Обычно сопротивление при растяжении больше, чем при сжатии. Любой телескопический амортизатор должен иметь устройство для компенсации изменения объема жидкости. Дело в том, что при сжатии амортизатора вытесняемый объем больше, чем освобождающийся с другой стороны поршня, потому что здесь часть объема цилиндра занимает шток. В амортизаторе (рис. 4.33) применяется специальная пневмокамера, заполненная сжатым газом, которая изолирована от основной части цилиндра плавающим поршнем. При ходе сжатия амортизатора объем пневмокамеры

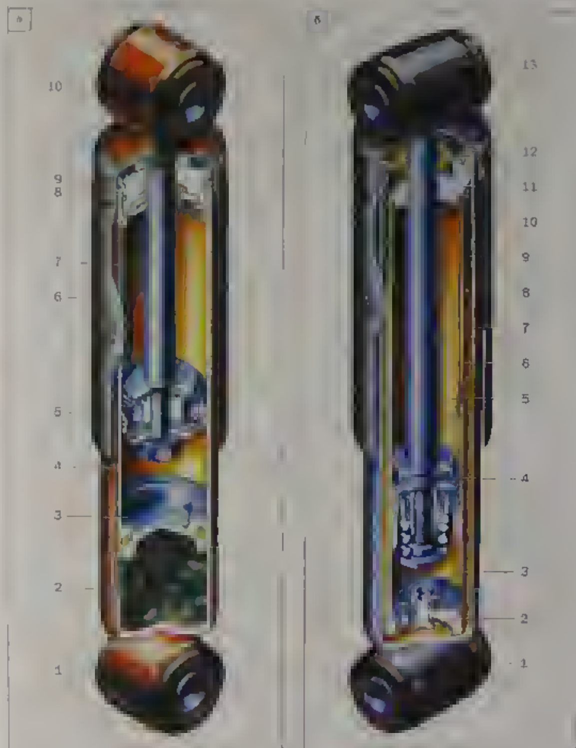


Рис. 4.33. **Конструкция (а) телескопического однотрубного амортизатора:** 1 — нижняя проушина; 2 — газ; 3 — плавающий поршень. 4 — рабочий цилиндр, 5 — поршень, 6 — корпус; 7 — шток поршня, 8 — сальник штока, 9 — направляющая штока; 10 — верхняя проушина, **и (б) телескопического двухтрубного амортизатора:** 1 — нижняя проушина, 2 — донный клапан; 3, 5 — рабочая полость; 4 — поршень, 6 — рабочий цилиндр; 7 — корпус резервуара, 8 — корпус; 9 — шток поршня; 10 — воздух; 11 — направляющая штока; 12 — сальник штока; 13 — верхняя проушина

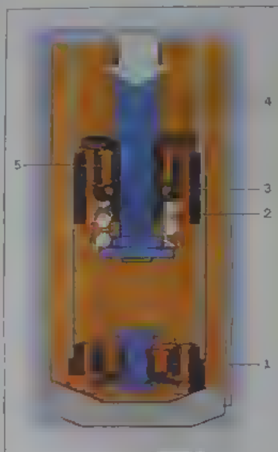


Рис. 4.34. **Схема работы двухтрубного амортизатора:** 1 — донный клапан; 2 — поршень; 3 — клапан сжатия; 4 — шток; 5 — клапан отбоя

уменьшается, а при ходе отдачи — увеличивается. Наличие пневмокамеры обеспечивает также компенсацию изменения объема рабочей жидкости при изменении температуры. Амортизаторы такого типа называют однотрубными газонаполненными. Двухтрубные амортизаторы отличаются наличием еще одного цилиндра, внутри которого находится рабочий цилиндр (рис. 4.34).

Дополнительная полость, находящаяся между внутренним и наружным цилиндрами, называется компенсационной. Компенсационная полость изолирована от атмосферы, но сообщается с внутренней полостью рабочего цилиндра. При ходе сжатия амортизатора излишки жидкости из рабочего цилиндра перетекают в компенсационную полость и находящийся там воздух сжимается. При ходе отдачи амортизатора сжатый воздух вытесняет жидкость обратно в рабочий цилиндр. При одинаковых рабочих ходах однотрубный амортизатор рассмотренного типа будет иметь большую длину, чем двухтрубный, из-за наличия в цилиндре пневмокамеры. Несмотря на этот недостаток, в настоящее время большее распространение имеют однотрубные амортизаторы, которые лучше охлаждаются, поскольку не имеют двойных стенок. Двухтрубные амортизаторы также бывают газонаполненными. У таких амортизаторов в компенсационной полости газ находится под давлением. Особенностью газонаполненных амортизаторов является то, что в свободном состоянии шток амортизатора выходит из цилиндра под действием давления газа. Конструкция любого амортизатора должна обеспечивать герметичность. При нарушении герметичности появляются стуки во время работы подвески и теряется эффективность амортизатора, что требует его замены. Шток амортизатора обработан до высокой степени чистоты поверхности, а между штоком и внутренней частью цилиндра устанавливается специальное надежное уплотнение. Таким же надежным должно быть уплотнение плавающего поршня в однотрубном амортизаторе. При нарушении герметичности газ смешивается с жидкостью, образуется сжимаемая смесь, эффективность работы амортизатора снижается, появляются посторонние стуки. Рабочая поверхность штока предохраняется от повреждений защитным кожухом. На конце штока и на цилиндре имеются крепления для соединения амортизатора с рычагами подвески и кузовом автомобиля. Крепление амортизаторов осуществляется с помощью упругих элементов.

Некоторые производители, например фирма KONI, изготавливает амортизаторы, в которых можно регулировать вручную перепускной клапан. Такую регулировку необходимо производить перед установкой амортизатора на автомобиль для получения необходимой эффективности. Существуют амортизаторы (рис. 4.35), в которые встроены электромагнитные

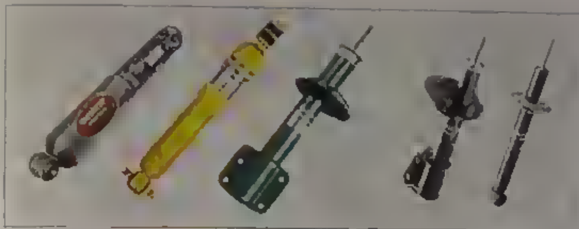


Рис. 4.35. **Регулируемые амортизаторы**

клапаны, изменяющие проходные сечения отверстий, через которые проходит жидкость. При наличии амортизаторов такого типа, водитель может изменять характеристики подвески при движении автомобиля, переключая режимы («спорт», «комфорт» и т. д.).

Совершенно другой принцип был предложен поставщиком автомобильных систем Delphi в его конструкции Magneride. В ней используется свойство некоторых вязких жидкостей быть чувствительными к воздействию электромагнитных полей; вязкость жидкости увеличивается с усилением поля, молекулы выстраиваются в цепочки и создают большее сопротивление. Компания Delphi продемонстрировала автомобили, оборудованные амортизаторами, где обычные отверстия заменены узкими проходами, в которых жидкость протекает между электромагнитными катушками. Система Magneride имеет огромное преимущество, заключающееся в том, что вязкость жидкости, а следовательно, и степень демпфирования могут изменяться в зависимости от изменения напряженности электромагнитного поля, которая управляется микропроцессором. Ожидается, что подобные амортизаторы (рис. 4.36) скоро появятся в серийном производстве.

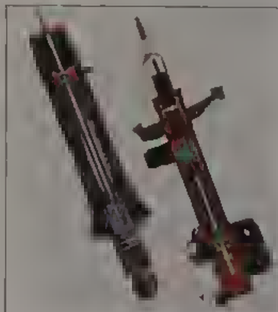


Рис. 4.36. **Амортизаторы Magneride фирмы Delphi изменяют гасящие свойства при намагничивании специальной жидкости**

ЭЛЕМЕНТЫ КРЕПЛЕНИЯ ПОДВЕСОК

Детали подвески автомобиля соединяются с кузовом или рамой с помощью эластичных элементов. Эластичные устройства дают возможность существенно снизить уровень вибраций, передаваемый на кузов автомобиля от дороги, и уменьшить тем самым уровень шума в салоне. В то же время жесткость эластичных элементов крепления подвески оказывает влияние на кинематику подвески.

В последние годы получила распространение практика, когда подвеска крепится с помощью резиновых втулок не непосредственно к кузову, а устанавливается на отдельном жестком подрамнике, который, в свою очередь, крепится к кузову через эластичные элементы. При этом обеспечивается двойная виброизоляция и существенно снижается уровень вибраций, передающихся на кузов автомобиля. Применение подрамников также упрощает технологию сборки автомобиля.

Материал и конструкция крепежных элементов также претерпели значительные изменения. Эластичные втулки изготавливают путем комбинации различных материалов, придания им определенной формы и иногда заполняя их специальными капсулами с вязкой жидкостью. Такие элементы могут гасить определенные частоты вибраций, а обеспечение различной жесткости втулок в разных направлениях дает возможность создавать подвески с «пассивным» управлением, когда силы, действующие в подвеске на повороте, обеспечивают заданное перемещение колес, улучшая тем самым управляемость автомобиля.

В последнее время на дорогих автомобилях начинают применять более сложные устройства с электронным управлением, которые позволяют отфильтровать бóльшую часть вибраций и шумов.

ПОДВЕСКИ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В зависимости от конструкции направляющего устройства, которое определяет характер перемещения колес относительно кузова, подвески подразделяются на зависимые и независимые.

Основные конструкции подвесок представлены на рис. 4.37.

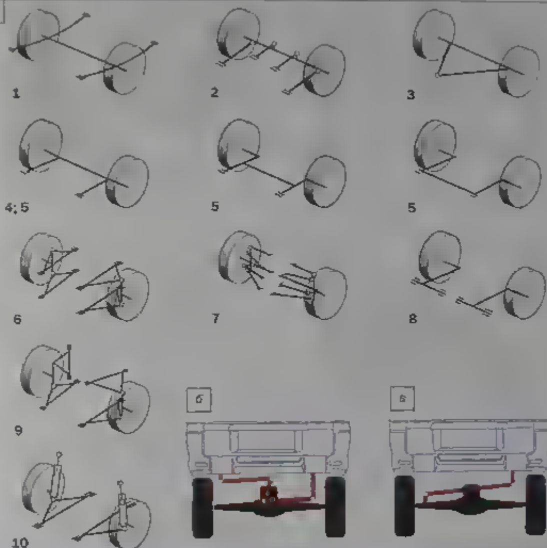
Зависимые подвески имеют жесткую балку, с помощью которой соединяются левое и правое колеса. Образующийся таким образом мост автомобиля называют неразрезным. Перемещение одного из колес зависимой подвески в поперечной плоскости передается другому. Независимая подвеска отличается тем, что колеса одной оси не имеют между собой непосредственной связи и могут перемещаться независимо друг от друга.

Зависимые подвески, в которых два колеса соединяются жесткой балкой, практически перестали применяться в конструкциях современных легковых автомобилей. Они еще встречаются на малотоннажных грузовых, развозных автомобилях и на некоторых внедорожниках, поскольку несмотря на большие неподрессоренные массы, они обладают такими преимуществами, существенными для подобных автомобилей, как постоянство дорожного просвета под осями и высокой надежностью.

Из большого многообразия применявшихся в различное время независимых подвесок в конструкциях современных легковых автомобилей в основном используются всего пять. Это подвеска на двойных рычагах, подвеска Мак-Ферсон (McPherson), на продольных рычагах, торсионная балка и многозвенная подвеска (Multilink). Строго говоря, подвеска с торсионной балкой не является полностью независимой, поскольку большие перемещения одного из колес, вызывают перемещения другого. Подвески с торсионной балкой и подвески на продольных рычагах используются в качестве задних подвесок легковых автомобилей, в то время как остальные три типа могут использоваться как на передней, так и на задней оси.

ПОДВЕСКИ НА ДВОЙНЫХ РЫЧАГАХ

Подвеска на двойных рычагах, представляет собой классическую независимую подвеску, состоящую из двух рычагов, расположенных друг над другом, раздвоенные стороны которых крепятся к кузову, а противоположные концы с помощью шарниров к верхней и нижней частям поворотной цапфы (рис. 4.38). Таким образом, ступица переднего колеса может поворачиваться вокруг двух шарниров при повороте. Конструктивно только один из рычагов может иметь вильчатую форму, другой может быть одинарным (рис. 4.39).



Название подвески	Тип*	Виды упругих эл-тов				Применение на осях				Применение на автомобилях
						ведущие		неведущие		
		пружины	рессоры	торсионы	гидропневм. элементы	передняя	задняя	передняя	задняя	
1. На продольных рессорах с поперечной балкой	З	—	+	—	—	+	+	+	+	Легковые внедор., грузовые
2. На продольных тягах с поперечной балкой	З*	+	+	—	—	+	+	+	+	Легковые внедор., грузовые
3. Подвеска с дышлом	З	+	—	—	+	+	+	+	—	Легковые внедор., грузовые
4. На продольных рычагах, нагруженных на изгиб	З	+	—	—	+	+	+	+	+	Легковые внедор.
5. Со связанными рычагами (торсионной балкой)	*	+	—	+	+		+	—	—	Легковые
6. На двойных поперечных рычагах	Н	+	**	+	+	+	+	+	+	Легк. и груз. внедор., легковые
7. На пространственных рычагах и тягах	Н	+	—	+	+	+	+	+	+	Легковые
8. На продольных рычагах	Н	+	—	+	+	-	+	+	—	Легковые
9. На косых рычагах	Н	+	—	+	+	+	+	—	—	Легковые
10. Направляющая стойка (типа Мак Ферсон)	Н	+	—	+	+	+	+	+	+	Легковые

Примечания.
З — зависимая подвеска, Н — независимая подвеска.
* Характеристики подвески меняются от зависимой до независимой при разном расположении торсионной балки.
** Поперечная рессора выполняет функции нижних рычагов.

Рис. 4.37. **Основные конструкции подвесок (а), механизм Уатта (б), тяга Панара (в)**



Рис. 4.38. **Схема подвески на двойных рычагах**

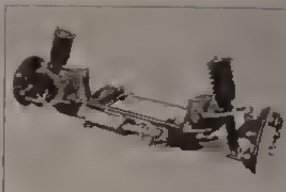


Рис. 4.39. **Подвеска на двойных рычагах**



Рис. 4.40. **Схема торможения автомобиля с подвеской на двойных рычагах. Наклон рычагов подвески дает возможность избежать «клевков» кузова при торможении**



Рис. 4.41. **Передняя подвеска автомобиля Jaguar S-type имеет двойные поперечные рычаги и очень длинный рычаг поворотной цапфы. Такая конструкция обеспечивает большое пространство для размещения агрегатов под капотом автомобиля**

Если рычаги такой подвески будут иметь одинаковую длину, то при вертикальных перемещениях колеса его развал не будет изменяться. Однако при крене кузова на повороте внешнее, более нагруженное колесо, будет наклоняться под углом, равным углу крена, а это может привести к нарушению устойчивости. Поэтому обычно верхний рычаг делают короче нижнего. При такой конструкции подвески вертикальное перемещение колеса изменяет угол развала, но при поворотах повышается устойчивость, потому что более нагруженное колесо располагается вертикально к дорожной поверхности и имеет лучшее сцепление с дорогой.

Подвески на двойных рычагах современных автомобилей имеют не только разную длину рычагов, но и наклон рычагов в горизонтальной плоскости (рис. 4.40).

Подвеска с такой геометрией дает возможность избежать «клевков» кузова при торможении и интенсивном разгоне. Обычно с этой целью наклоняют оси, с помощью которых осуществляется крепление подвески к кузову и относительно которых поворачиваются рычаги.

К недостаткам такого типа подвески следует отнести то, что она занимает довольно много места по ширине автомобиля, а это создает определенные сложности в размещении поперечно расположенного силового агрегата. Сейчас многие конструкторы используют в таких подвесках поворотные цапфы с большой длиной верхнего рычага (больше радиуса колеса), что позволяет увеличить пространство для размещения двигателя и коробки передач (рис. 4.41).

В последнее время все чаще вместо раздвоенных нижних рычагов используются рычаги L-образной формы. Более длинная часть такого рычага крепится к кузову через эластичные втулки, обладающие хорошей демпфирующей способностью, что дает возможность эффективно гасить вибрации, передающиеся на кузов, и в то же время не происходит существенного изменения положения колеса.

В качестве упругих элементов подвесок на двойных рычагах могут применяться пружины, торсионы, пневматические и гидропневматические устройства.

ПОДВЕСКА МАК-ФЕРСОН

Подвеска Мак-Ферсон (McPherson), основным элементом которой служит амортизаторная стойка, является развитием подвески на двойных поперечных рычагах, но имеет только снизу один или два поперечных рычага (рис. 4.42).

Снизу амортизаторная стойка крепится к поворотному кулаку (рис. 4.43), а сверху — к брызговику кузова автомобиля.

При повороте управляемых колес амортизаторная стойка поворачивается вместе с закрепленной на ней пружиной, что требует применения в верхней опоре подшипника качения или скольжения с низким значением трения. Винтовые пружины, расположенные вокруг амортизаторной стойки, обычно устанавливаются под некоторым углом к ее оси. Такой способ установки обеспечивает снижение величины «пороговой жесткости» подвески, когда сначала при небольших вертикальных усилиях со стороны колеса не происходит сжатия пружины, а затем она сжимается довольно резко. Это позволяет устранить неприятные ощущения при движении по относительно ровным дорогам. Подвеска Мак-Ферсон обеспечивает незначительное, по сравнению с подвеской на двойных рычагах, изменение развала колес при их вертикальном перемещении.

К основным преимуществам подвески Мак-Ферсон следует отнести то, что она занимает небольшой объем и создает удобства при поперечном размещении силового агрегата, что обусловило ее широкое применение.

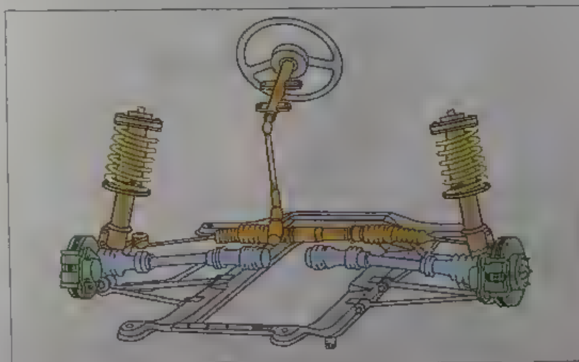


Рис. 4.42. Схема подвески Мак-Ферсон

Рис. 4.43. **Передняя подвеска автомобиля ВАЗ-2109:** 1 — шаровая опора; 2 — ступица; 3 — тормозной диск; 4 — защитный кожух; 5 — поворотный кулак; 6 — нижняя опорная чашка; 7 — пружина подвески; 8 — защитный кожух; 9 — буфер сжатия; 10 — верхняя опорная чашка; 11 — резиновый элемент верхней опоры; 12 — защитный колпак; 13 — подшипник верхней опоры; 14 — шток; 15 — опора буфера сжатия; 16 — телескопическая стойка; 17 — гайка; 18 — эксцентриковый болт; 19 — поворотный кулак; 20 — вал привода переднего колеса; 21 — защитный чехол шарнира; 22 — наружный шарнир вала; 23 — нижний рычаг; **а — стойка с полым поворотным рычагом; б — стойка с цельнометаллическим поворотным рычагом**

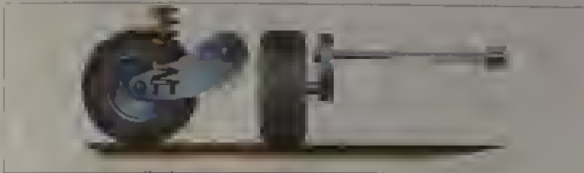


Рис. 4.44. Схема подвески на продольных рычагах

МНОГОЗВЕННЫЕ ПОДВЕСКИ

Многозвенными называются подвески, у которых поворотный кулак или ступица колеса соединяются с кузовом не менее, чем четырьмя звеньями. Если у подвески с двойными поперечными рычагами разделить эти рычаги на отдельные, то получится простейшая многозвенная подвеска. Впервые настоящую многозвенную переднюю подвеску применила фирма Audi в 1995 г. на автомобиле Audi A4. Два нижних алюминиевых рычага крепились к подрамнику через резиновые втулки, а к поворотному рычагу — через один шаровой шарнир. Верхние рычаги крепились к кулаку через отдельные шарниры, а к кузову через втулки. Такая конструкция позволила улучшить характеристики управляемости и устойчивости автомобиля, по сравнению с подвеской на двойных рычагах.

Изменение формы рычагов многозвенной подвески дает возможность не только варьировать пространство для размещения агрегатов автомобиля или интерьер салона, но и задавать желаемые характеристики изменения развала или колеи колес при движении. Процесс расчета и трехмерного проектирования качественных многозвенных подвесок не может обойтись без применения современных компьютеров и программ. В настоящее время многие ведущие производители автомобилей используют в своих конструкциях такие типы подвесок (см. рис. 4.25).

ПОДВЕСКИ НА ПРОДОЛЬНЫХ РЫЧАГАХ

Независимая подвеска на продольных рычагах (рис. 4.44) получается простым присоединением колеса к рычагу, расположенному вдоль продольной оси автомобиля и шарнирно закрепленному к кузову или подрамнику другим концом.

В качестве подрамника часто используется поперечная балка, прикрепленная к кузову. Балку можно выполнить в виде трубы, в которой проходит торсион, являющийся упругим элементом подвески. Подвеска получается простой и компактной и, кроме того, эффективно воспринимает боковые усилия. Она часто применяется в качестве задней подвески небольших автомобилей (рис. 4.45). При размещении подвески под полом сохраняется внутреннее пространство багажника.

При работе подвески с продольными рычагами колеса перемещаются параллельно друг другу и практически не происходит изменения угла развала. При прохождении поворотов, колеса наклоняются под углом, равным крену кузова. Такой наклон приводит к некоторому уменьшению силы сцепления колес с дорогой.

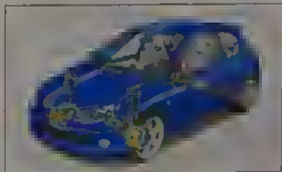


Рис. 4.45. Автомобиль Peugeot 206 с независимой торсионной задней подвеской на продольных рычагах

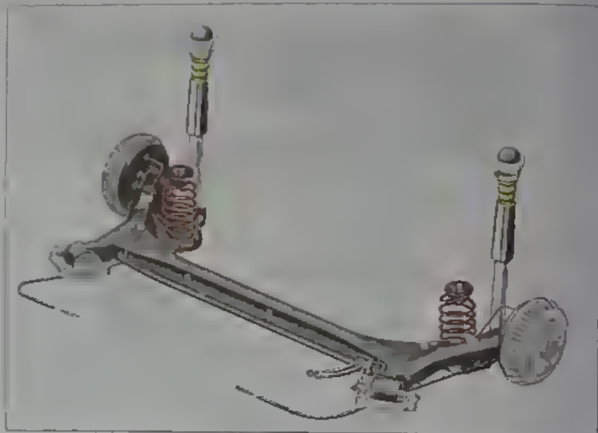


Рис. 4.46. **Задняя подвеска автомобиля Audi A2 с торсионной балкой**

ПОДВЕСКИ С ТОРСИОННОЙ БАЛКОЙ

Подвеска с торсионной балкой (рис. 4.46) весьма похожа на подвеску на продольных рычагах, с тем отличием, что рычаги не соединяются шарнирно с балкой, а составляют с ней единое целое. Балка крепится к кузову не жестко, а шарнирно (обычно через эластичные втулки). Балка представляет собой полую конструкцию, жесткую на изгиб, но податливую на кручение, что позволяет колесам двигаться вверх и вниз, независимо друг от друга. При этом жесткость балки в поперечном направлении должна быть достаточной, чтобы расстояние между колесами было постоянным. В качестве основного упругого элемента в таких подвесках чаще всего используются пружины.

Подвеска с торсионной балкой, появившаяся в 1970-е гг., сейчас широко применяется в качестве задней подвески на большинстве переднеприводных автомобилей малого и среднего классов.

Подвеска с торсионной балкой занимает промежуточное положение между зависимыми и независимыми подвесками. К преимуществам такой подвески следует отнести невысокую стоимость и удобство монтажа в процессе производства.

РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПОДВЕСКИ

Кузов автомобиля с обычной подвеской опускается по мере загруженности автомобиля. При этом упругие элементы подвески сжимаются и работают в таком состоянии, что снижает плавность хода. Кроме того изменяется положение фар и может нарушиться управляемость автомобиля. Для того, чтобы поддерживать уровень пола кузова постоянным, независимо от загрузки автомобиля, в конструкции подвески часто используют пневматические упругие элементы, которые подкачиваются воздухом от специального компрессора. Системы регулировки уровня пола кузова обычно устанавливаются на дорогие и большие модели для исключения возможности проседания загруженного автомобиля.

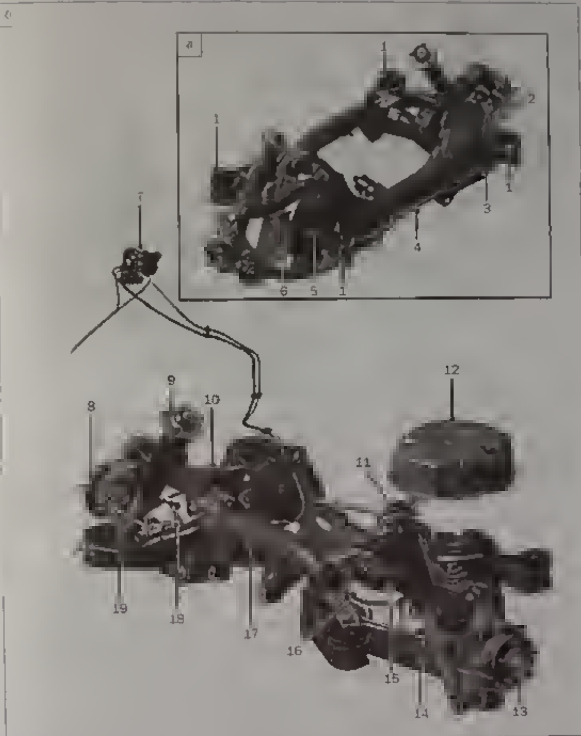


Рис. 4.47. **Задняя пневматическая подвеска автомобиля New Range Rover: а — вид сзади; б — вид спереди:** 1 — крепления подрамника; 2 — правый пневмобаллон; 3 — правый нижний двойной рычаг; 4 — стабилизатор поперечной устойчивости; 5 — левый пневмобаллон; 6 — левый нижний двойной рычаг; 7 — задний соединительный клапан; 8 — правая задняя ступица; 9 — правый амортизатор; 10 — правый верхний двойной рычаг; 11 — левый амортизатор; 12 — компрессор; 13 — левая задняя ступица; 14 — левый рычаг; 15 — левый верхний двойной рычаг; 16 — левый задний датчик высоты; 17 — задний подрамник; 18 — правый задний датчик высоты; 19 — правый рычаг

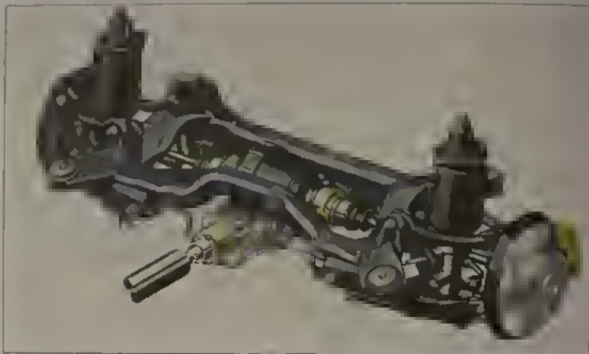


Рис. 4.48. Задняя подвеска автомобиля Audi Allroad. В качестве упругих элементов используются пневматические элементы рукавного типа

Системы выравнивания кузова применяют двух видов. Они могут срабатывать сравнительно медленно, особенно для регулировки статического положения в зависимости от нагрузки, или достаточно быстро для реагирования на переходные процессы во время движения. Простейшие, медленно работающие системы, управляются водителем и сжатый воздух в них поступает от электроприводного компрессора через клапан, с помощью которого можно подкачать систему или сбросить в ней давление. Более дорогие и сложные устройства работают полностью автоматически, и при этом используются датчики высоты кузова, устройства для регулировки высоты и источник энергии для проведения регулировки.

Автомобиль New Range Rover имеет переднюю и заднюю пневматические подвески (рис. 4.47), снабжающиеся сжатым воздухом от небольшого компрессора с электроприводом. Каждое колесо оборудовано датчиком высоты над уровнем дороги. Работой подвески управляет специальный микропроцессор с помощью системы клапанов.

Такая конструкция подвески не только обеспечивает постоянство уровня кузова независимо от загрузки автомобиля, но и автоматически изменяет дорожный просвет в зависимости от скорости движения автомобиля. Микропроцессор также управляет давлением воздуха в отдельных пневматических элементах подвески, улучшая поведение автомобиля на различных дорогах.

В настоящее время пневматические подвески с интегрированным регулированием устанавливаются на некоторых автомобилях Mercedes, Audi (рис. 4.48) и др.

АКТИВНЫЕ ПОДВЕСКИ

Поддержание постоянства уровня кузова обеспечивают не только пневматические, но и гидропневматические подвески. В течение многих лет фирма Citroen оборудовала свои автомобили гидропневматической подвеской для обеспечения постоянного уровня пола кузова и изменения дорожного просвета по желанию водителя. Сейчас многие фирмы занимаются разработкой активной подвески. В идеале активная подвеска обеспечивает с одной стороны возможность перемещения колес по траекториям, копирующим дорожные неровно-

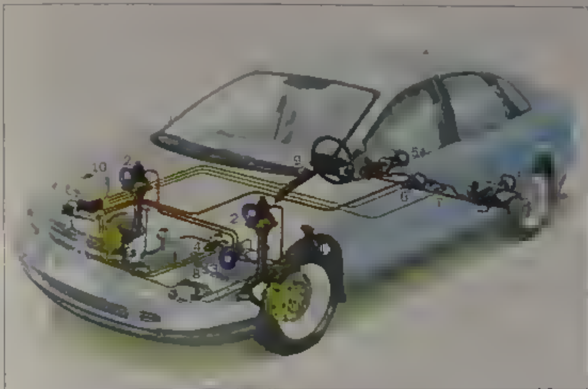


Рис. 4.49. **Гидропневматическая подвеска Hydroactive автомобиля Citroën C5 может изменять степень жесткости и коэффициент демпфирования в соответствии с условиями движения:** 1 — интегрированный узел гидротроник; 2 — стойки передней подвески, 3 — передний регулятор жесткости, 4 — передний электронный датчик положения; 5 — задние гидропневматические цилиндры; 6 — задний регулятор жесткости; 7 — задний электронный датчик положения; 8 — блок управления; 9 — датчик положения рулевого колеса: 10 — резервуар для жидкости гидросистемы; 11 — педали «газа» и тормоза

сти, а с другой — сохраняет уровень пола кузова. Проблема состоит в том, что для работы такой подвески необходимо заранее оценивать наличие и величину неровностей перед автомобилем, потому что любая механическая система характеризуется запаздыванием своего срабатывания. Существующие на сегодняшний день экспериментальные системы обеспечивают постоянную оценку нагрузки, приходящейся на каждое колесо, и при ее увеличении (например, когда колесо наезжает на препятствие) гидравлический цилиндр приподнимает колесо, а при уменьшении нагрузки опускает. Гидравлические системы, используемые в таких подвесках, требуют большой мощности привода (около 10 кВт) и не могут быть рекомендованы для широкого применения, по крайней мере в настоящее время. Кроме того, прецизионные гидравлические узлы стоят дорого, а при выходе их из строя подвеска полностью теряет работоспособность.

Фирма Citroën при создании системы Hydractive пошла по другому пути, внеся изменения в свою гидропневматическую подвеску (рис. 4.49).

Подвеска была дополнена двумя гидропневматическими упругими элементами, включенными в контуры управления передней и задней подвесок, системой клапанов, управляемых микропроцессором, который может изменять как жесткость упругих элементов, так и амортизирующие свойства (путем изменения проходных сечений клапанов).

Фирма Citroën разработала также систему Activa, в которой используются два гидравлических цилиндра, расположенных по диагонали в противоположных «углах» автомобиля между кузовом и подвеской. Система высокого давления ограничивает крен кузова до 0,5°, что

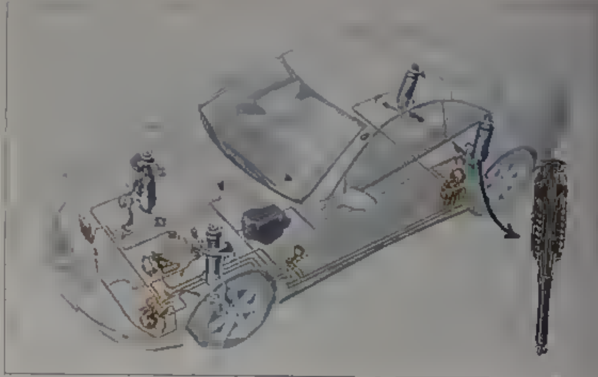


Рис. 4.50. **Активная подвеска автомобиля Mercedes**

для водителя вообще неощутимо. Запас в 0,5° достаточен для предотвращения рыскания автомобиля, обеспечивая практически вертикальное положение кузова, когда автомобиль движется на повороте. Это гарантирует вертикальное положение колес и хорошую устойчивость.

В 1999 г. компания Mercedes создала систему ABC (Active Body Control — активный контроль положения кузова). Основными элементами подвески (рис. 4.50) в этой системе являются специальные амортизаторные стойки, в которых пружина находится в цилиндре, и на пружину может воздействовать поршень, перемещаемый давлением жидкости от гидравлического насоса и двух гидроаккумуляторов.

Гидравлическая система работает параллельно с пружиной и обычным амортизатором, поэтому при выходе из строя этой системы сохраняется возможность движения автомобиля. Система ABC не устраняет полностью колебаний кузова, но ограничивает их частоту. Потребление дополнительной энергии ограничено до 3 кВт. Управление подвеской осуществляется с помощью двух микропроцессоров, получающих сигналы от 13 датчиков. Такая подвеска позволяет отказаться от стабилизаторов поперечной устойчивости, а изменение жесткости упругих элементов дает возможность значительно ограничивать крен кузова, что положительно влияет на устойчивость и управляемость автомобиля.

ОСОБЕННОСТИ ПОДВЕСОК ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В конструкции большинства грузовых автомобилей, прицепов и автобусов применяются зависимые подвески на продольных полуэллиптических листовых рессорах (рис. 4.51). В грузовых автомобилях и автобусах нагрузка на задний мост может меняться в значительных пределах в зависимости от массы перевозимого груза и количества пассажиров. Поэтому рессорная подвеска заднего моста, помимо основной рессоры, содержит дополнительную подрессорник. Основная рессора средней частью крепится с помощью специальных

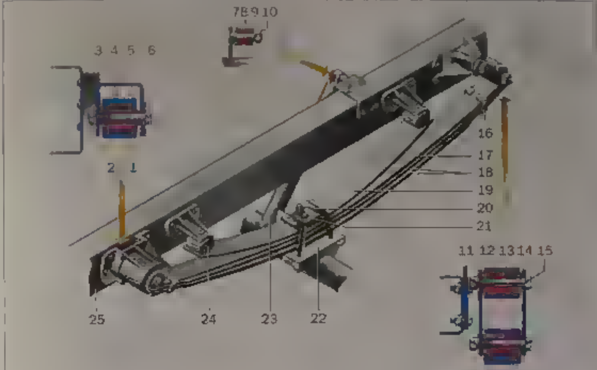


Рис. 4.51. Задняя рессорная подвеска грузового автомобиля: 1 — ушко рессоры; 2 — резиновая втулка; 3 — кронштейн; 4 — втулка; 5 — болт; 6 — шайба; 7 — палец; 8 — резиновые втулки; 9 — шайба пружинная; 10 — гайка; 11 — кронштейн; 12 — втулка резиновая; 13 — втулка; 14 — пластина серьги; 15 — болт; 16 — хомут; 17 — коренной лист; 18 — листы рессоры; 19 — дополнительная рессора; 20 — стремянка; 21 — накладка; 22 — задний мост; 23 — амортизатор; 24 — резиновая подушка; 25 — лонжерон рамы

хомутов — стремянок — к балке моста. Концы рессоры крепятся к раме автомобиля посредством специальных кронштейнов. Поскольку длина рессоры при ее прогибе изменяется, один из концов рессоры должен иметь возможность продольного перемещения относительно рамы. С этой целью применяют специальные кронштейны с качающейся серьгой, скользящие и эластичные опоры.

Подрессорник имеет меньшее число листов, чем основная рессора. В средней части он также крепится к балке моста, обычно сверху основной рессоры, а его концы не крепятся к раме. На раме, напротив плоских концов подрессорника, устанавливают упорные кронштейны. Когда автомобиль не нагружен, работает только основная рессора. При определенной нагрузке основная рессора прогибается так, что концы подрессорника упираются в кронштейны, и рессоры начинают работать совместно. При этом суммарная жесткость подвески увеличивается.

В подвеске современных грузовых автомобилей, прицепов, полуприцепов и автобусов часто применяется пневматическая подвеска. Пневмоподвеска легче рессорной, обеспечивает более высокую плавность хода и дает возможность регулировать расстояние от грузовой платформы или пола кузова до поверхности дороги. Это особенно важно для грузовых автомобилей, где необходимо облегчить процесс погрузки-разгрузки автомобиля у пандусов, складских помещений и т. п. Некоторые автомобили имеют специальные пульты управления для регулировки высоты грузовой платформы при нахождении водителя вне автомобиля. Пневматическая подвеска автобусов (рис. 4.52) обеспечивает постоянство уровня пола вне зависимости от количества пассажиров, что увеличивает комфорт и безопасность при их посадке и высадке. Конструкции пневматических подвесок некоторых автобусов дают возможность дополнительно понижать уровень пола на остановках.



Рис. 4.52. **Пневматическая подвеска автобуса**



Рис. 4.53. **Балансирная подвеска**

Если соседние мосты многоосного грузового автомобиля, прицепа или полуприцепа расположены близко друг от друга, может применяться балансирная подвеска (рис. 4.53). При таких подвесках мосты качаются на соединенных с ними и с рессорами балансирных рычагах. При этом рессоры воспринимают только силу тяжести автомобиля, а тяговая и тормозная силы, а также реактивный и тормозной моменты передаются толкающими и реактивными штангами. Соседние мосты опираются на концы общих рессор, а рессоры средней частью крепятся к ступицам, которые могут поворачиваться относительно оси балансира закрепленной на раме.

§ 28

МОСТЫ

Мосты автомобиля служат для поддержания рамы и кузова и передачи от них на колеса вертикальной нагрузки, а также для передачи от колес на раму (кузов) толкающих, тормозных и боковых усилий.

На рис. 4.54 приведена классификация мостов.

В зависимости от типа устанавливаемых колес мосты подразделяются на ведущие, управляемые, комбинированные (ведущие и управляемые одновременно) и поддерживающие.

Ведущий мост (рис. 4.55) предназначен для передачи на раму (кузов) толкающих усилий от ведущих колес, а при торможении — тормозных усилий.

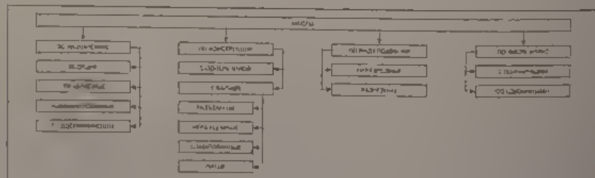


Рис. 4.54. **Классификация мостов автомобиля**

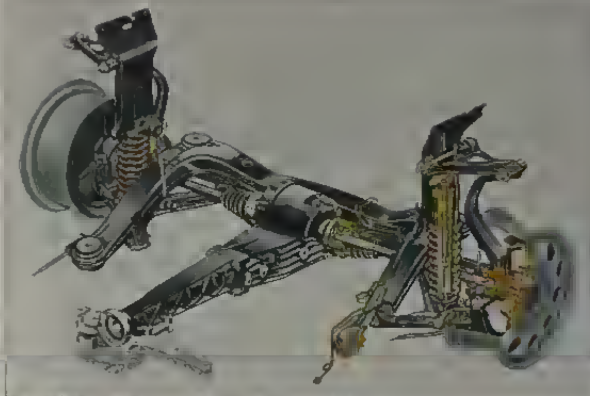


Рис. 4.55. **Ведущий передний мост автомобиля 4x4**

Ведущий мост при зависимой подвеске представляет собой жесткую пустотелую балку, на концах которой на подшипниках установлены ступицы ведущих колес, а внутри размещены главная передача, дифференциал и полуоси.

Ведущий мост при независимой подвеске выполняется разрезным, при этом картер главной передачи закрепляется на раме, а полуоси выполняются качающимися.

Балки неразрезных мостов (зависимая подвеска) выполняются разъемными и неразъемными, а по способу изготовления — штампованными или литыми. Разъемная балка имеет поперечный разъем по картеру главной передачи и состоит из двух частей, соединенных болтами.

Картер разъемного ведущего моста обычно отливают из ковкого чугуна. Картер состоит из двух соединенных между собой частей, имеющих разъем в продольной вертикальной плоскости. Обе части картера имеют горловины, в которых запрессованы и закреплены стальные трубчатые кожухи полуосей. К ним приварены опорные площадки упругих элементов и фланцы для крепления опорных дисков колесных тормозных механизмов. Разъемные ведущие мосты применяются на легковых автомобилях, а также на грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности.

Картер неразъемного штамповочно-сварного ведущего моста (типа банджо) выполняется в виде цельной балки с развитой центральной частью в форме кольца. Балка имеет трубчатое сечение и состоит из двух штампованных стальных половин, сваренных в продольной плоскости. Средняя часть балки моста предназначена для установки картера главной передачи и дифференциала. К балке моста приварены опорные чашки пружин подвески, фланцы для крепления опорных дисков тормозных механизмов и кронштейны крепления деталей подвески. Неразъемные штамповочно-сварные ведущие мосты получили распространение на легковых автомобилях и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности. Эти мосты при необходимой прочности и жесткости по сравнению с неразъемными мостами имеют меньшие массу и стоимость изготовления, а также они удобнее при ремонте и регулировке главной передачи.



Рис. 4.56. **Неразъемный мост грузового автомобиля**

Неразъемный литой ведущий мост (рис 4.56) изготавливают из ковкого чугуна или стали. Балка моста имеет прямоугольное сечение. В полуосевые рукава запрессовываются трубы из легированной стали, на концах которых устанавливают ступицы колес. Фланцы предназначены для крепления опорных дисков тормозных механизмов. Неразъемные литые ведущие мосты получили применение на грузовых автомобилях большой грузоподъемности. Такие мосты обладают высокой жесткостью и прочностью, но имеют большую массу и габариты.

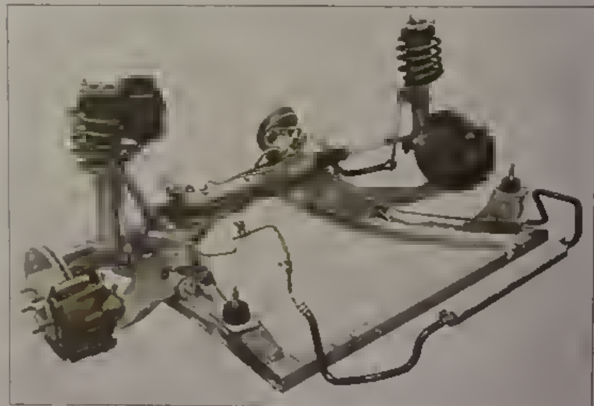


Рис. 4.57. **Управляемый мост**

Неразъемные ведущие мосты более удобны в обслуживании, чем разъемные, т. к. для доступа к главной передаче и дифференциалу не требуется снимать мост с автомобиля.

Управляемый (обычно передний) **мост** (рис. 4.57) представляет собой балку, в которой на шарнирах установлены поворотные цапфы и соединительные элементы. Основой управляемого моста может служить жесткая штампованная балка или подрамник.

Комбинированный мост (рис. 4.58) выполняет функции ведущего и управляемого мостов, применяется, как правило, в качестве передних мостов переднеприводных легковых автомобилей на полноприводных автомобилях или, реже, в качестве промежуточных и задних мостов. К полуосевому кожуху комбинированного моста прикрепляют шаровую опору, на которой имеются шкворневые пальцы. На последних устанавливают поворотные кулаки (цапфы). Внутри шаровых опор и поворотных кулаков находится карданный шарнир (равных угловых скоростей), через который осуществляется привод на ведущие и управляемые колеса.

Поддерживающий мост предназначен только для передачи вертикальной нагрузки и тормозных усилий от рамы (кузова) к колесам автомобиля. Он представляет собой балку, по концам которой на подшипниках установлены ступицы колес. Поддерживающие мосты применяют на прицепах и полуприцепах, а также на переднеприводных легковых автомобилях (см. рис. 4.46).

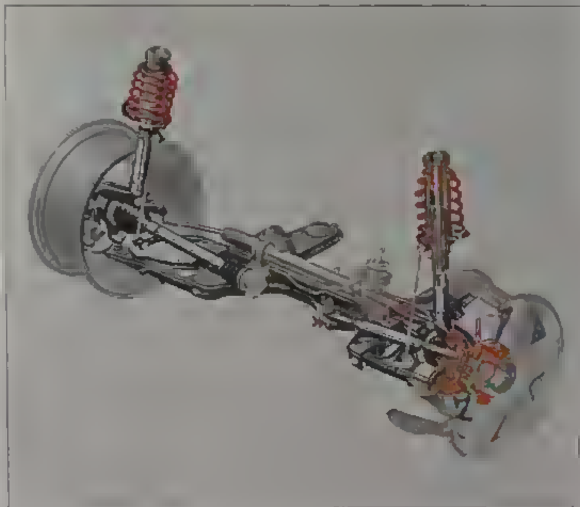


Рис. 4.58. **Комбинированный мост**

ГЛАВА 5

Рулевое управление является одной из важнейших систем управления автомобилем, используется водителем постоянно при движении, оказывает существенное влияние на безопасность движения и утомляемость водителя. Основное назначение рулевого управления — обеспечивать изменение направления движения

Рулевое управление

§ 29

НАЗНАЧЕНИЕ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ. СПОСОБЫ ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЯ

Поскольку орган управления — рулевое колесо — постоянно находится в руках водителя, оно на современных автомобилях выполняет также информационную функцию — по усилиям, вибрациям на рулевом колесе происходит передача водителю информации о состоянии дорожного покрытия, нагруженности контакта колес с дорогой.

Рулевое управление автомобиля должно обеспечивать ощущаемую водителем связь между углом поворота рулевого колеса и направлением движения автомобиля, обладать высокой надежностью. Усилия, необходимые для управления, не должны приводить к повышенной утомляемости водителя и в то же время должны информировать его о состоянии контакта управляемых колес с дорогой (обеспечивать «чувство дороги»). От рулевого управления зависит минимальный радиус поворота автомобиля на ограниченных площадях. Конструкция рулевого управления не должна передавать ударные нагрузки от неровностей дороги на руки водителя.

Все перечисленные выше требования учитываются при проектировании рулевого управления.

Изменить направление движения автомобиля можно двумя различными способами: за счет поворота колес или звеньев автомобиля в горизонтальной плоскости (кинематический способ) или за счет создания на колесах правого и левого борта различных по величине или по направлению продольных сил (силовой способ) (рис. 5.1г).

Для управления большинством современных автомобилей применяется кинематический способ, который может быть реализован путем:

— поворота управляемой оси (рис. 5.1а);
— поворота управляемых колес (рис. 5.1б);
— поворота сочлененных звеньев (складывания рамы) (рис. 5.1в).









Рис. 5.1 **Способы поворота колесной машины: а — за счет поворота оси; б — за счет поворота управляемых колес; в — складыванием рамы; г — силовым способом**

Поворот управляемой оси — это наиболее старый из известных способов управления. Он применялся еще на двухосных гужевых повозках. При таком способе ось с колесами поворачивалась относительно шкворня, установленного в центре повозки. Система управления получалась очень простой, но требовала сильного сужения передней части кузова для перекатывания управляемых колес, не обеспечивала демпфирования ударов от неровностей дороги на органы управления и при предельных углах поворота оси возникала опасность бокового опрокидывания из-за уменьшения площади опоры автомобиля.

Для частичного устранения указанных недостатков пытались заменить управляемую ось одним колесом, установленным по центру автомобиля (например, автомобиль К. Бенца (см. рис. 1.2). В настоящее время такая схема поворота осталась на двух- и трехколесных транспортных средствах. Поворот управляемой оси сегодня применяется только на прицепах.

Принцип управления за счет поворота сочлененных звеньев применяется в случае, когда колеса транспортного средства имеют большие размеры и поворот каждого из них затруднен. Несущая система транспортного средства состоит из двух частей, к каждой из которой присоединена передняя и задняя оси. Обе части соединены друг с другом подвижно с помощью вертикального шкворня. Относительный поворот частей («складывание» рамы или иной несущей системы) происходит с помощью гидравлических цилиндров рулевого управления. К недостаткам данной схемы относятся низкая точность управления при высоких скоростях, трудность размещения кузовов или кабин на двух подвижных частях рамы, усложнение трансмиссии. В связи с этим данный способ рулевого управления на современных автомобилях применяется редко, основная сфера использования — тихоходные тракторы, дорожно-строительные машины, специальные вездеходы и т. п.

Наибольшее распространение в конструкции автомобиля получило рулевое управление с поворотными колесами. В этом случае каждое управляемое колесо может поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно собственной оси поворота. Для синхронизации поворота правого и левого колеса одной оси они связаны шарнирным механизмом — рулевой трапецией

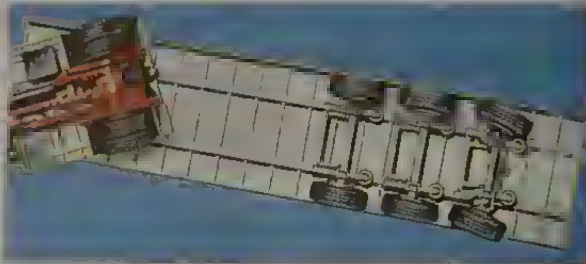


Рис. 5.2. **Самоустанавливающаяся ось полуприцепа**

Рулевая трапеция обеспечивает поворот правого и левого колес на разные углы, что позволяет им катиться на повороте по разным радиусам без проскальзывания.

Основные преимущества указанной схемы поворота: колеса занимают при поворотах небольшой объем внутри кузова, что позволяет удобно размещать над управляемым мостом другие агрегаты автомобиля (двигатель, трансмиссию и т. д.); для поворота колес требуются незначительные усилия; близкое расположение колеса и оси его поворота уменьшает удары, передающиеся от дороги на рулевое управление.

Двухосный автомобиль имеет, как правило, одну переднюю ось с управляемыми колесами. Иногда для улучшения маневренности такие автомобили снабжают всеми управляемыми колесами, но при этом усложняется конструкция рулевого управления и возникают проблемы с управляемостью на высоких скоростях. Поэтому на автотранспортных средствах с передними и задними управляемыми колесами при движении с высокими скоростями принудительное управление задними колесами отключают, а колеса фиксируются в нейтральном положении.

Для современных скоростных легковых автомобилей конструкция подвески задних неуправляемых колес и наличие упругих резинометаллических шарниров крепления рычагов к несущей системе (эластокинематика подвески) обеспечивает при движении на повороте незначительные углы поворота колес из-за крена кузова и действия на колеса боковых сил. Это явление называется «поворотом» неуправляемых колес и при правильно спроектированной подвеске позволяет улучшить управляемость в скоростных поворотах.

Одну ось с управляемыми колесами могут иметь и трехосные автомобили, но при условии, что вторая и третья неуправляемые оси сближены. Если эти оси разнесены или автомобиль имеет более трех осей, то для предотвращения бокового проскальзывания колес применяют несколько осей с управляемыми колесами (см. рис. 1.16).

При этом водитель непосредственно поворачивает колеса первой оси, колеса прочих осей связаны с первой осью с помощью механических, гидравлических или электрогидравлических передач, которые управляют их поворотом. Управляемые колеса полуприцепов могут поворачиваться в зависимости от угла складывания между автомобилем-тягачом и полуприцепом или двумя частями сочлененных автобусов.

В ряде случаев для упрощения конструкции рулевого управления задние поворотные колеса многоосных автомобилей и прицепов делаются самоустанавливающимися, т. е. колеса на повороте сами поворачиваются на углы, при которых на них не воздействуют боковые силы (рис. 5.2).

Силовой способ поворота автомобиля аналогичен способу поворотов гусеничных машин. При этом способе функции рулевого управления выполняет специальная трансмиссия. При воздействии водителя на органы управления трансмиссия подтормаживает колеса одного борта с подачей тяговых сил на колеса другого, что вызывает появление момента сил правого и левого борта, который стремится повернуть машину относительно вертикальной оси. Такая схема управления обеспечивает поворот практически на месте. Но силовой способ управления на современных автомобилях почти не применяется, что связано с низкой точностью управления на больших скоростях, высоким износом шин, необходимостью устанавливать двигатели повышенной мощности и сложные трансмиссии.

Вместе с тем силовой способ управления поворотом все же применяется в современных автомобилях, но не в качестве основного, а как основа функционирования электронной системы стабилизации траектории ESP (см. §31).

§ 30

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рулевое управление (рис. 5.3) современных автомобилей с поворотными колесами включает в себя следующие элементы:

— рулевое колесо с рулевым валом (рулевой колонкой);
— рулевой механизм;
— рулевой привод (может содержать усилитель и (или) амортизаторы).

Рулевое колесо находится в кабине водителя и расположено под таким углом к вертикали, который обеспечивает наиболее удобный охват его обода руками водителя. Чем больше диаметр рулевого колеса, тем при прочих равных условиях меньше усилия на ободе рулевого колеса, но при этом уменьшается возможность быстрого поворота руля при выполнении резких маневров. Диаметр рулевого колеса современных легковых автомобилей лежит в пределах 380–425 мм, тяжелых грузовых и автобусов — 440–550 мм, наименьшие диаметры имеют рулевые колеса спортивных автомобилей.

Рулевой механизм представляет собой механический редуктор, его основная задача — увеличение приложенного к рулевому колесу усилия водителя, необходимого для поворота управляемых колес. Рулевые управления без рулевых механизмов, когда водитель непосредственно поворачивает управляемое колесо, сохранились лишь на очень легких транспортных средствах, например на мотоциклах. Рулевой механизм имеет достаточно большое передаточное число, поэтому для поворота управляемых колес на максимальный угол 30–45° необходимо сделать несколько оборотов рулевого колеса.

Рулевой вал соединяет рулевое колесо с рулевым механизмом и часто выполняется шарнирным, что позволяет более рационально компоновать элементы рулевого управления, а для грузовых автомобилей применять откидывающуюся кабину (рис. 5.4).

Кроме того, шарнирный рулевой вал повышает травмобезопасность рулевого колеса при аварии, уменьшая перемещение рулевого колеса внутрь салона и возможность травмирования грудной клетки водителя.

С этой же целью в рулевой вал иногда встраивают сминаемые элементы (рис. 5.5), а рулевое колесо покрывают относительно мягким материалом, не дающим при разрушении острых осколков.

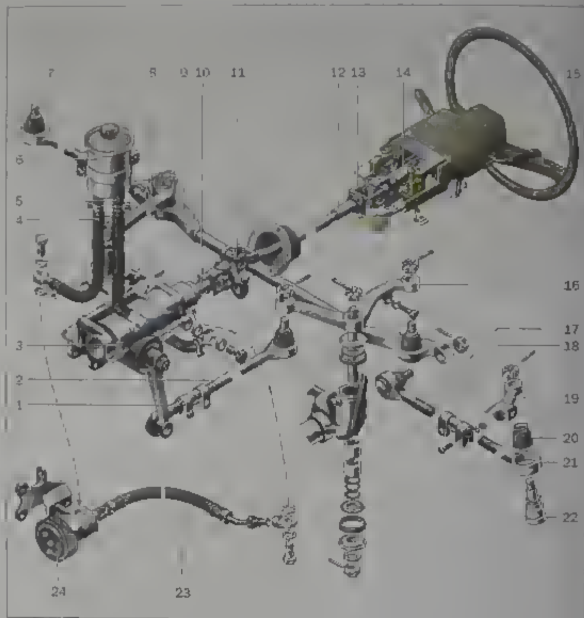


Рис. 6.3 **Рулевое управление с гидроусилителем:** 1 — рулевая сошка; 2 — продольная рулевая тяга; 3 — рулевой механизм; 4 — всасывающий шланг; 5 — сливной шланг; 6 — бачок; 7 — правая боковая рулевая тяга; 8 — правый маятниковый рычаг; 9 — поперечная рулевая тяга; 10 — входной вал рулевого механизма; 11 — нижний карданный шарнир; 12 — карданный вал; 13 — верхний карданный шарнир; 14 — вал рулевой колонки; 15 — рулевое колесо; 16 — левый маятниковый рычаг; 17, 21 — наконечники левой боковой тяги; 18 — хомут регулировочной трубки; 19 — левый рычаг рулевой трапеции; 20 — чехол шарнира; 22 — шарнир; 23 — нагнетательный шланг; 24 — насос гидроусилителя

Рулевой привод представляет собой систему тяг и шарниров, связывающих рулевой механизм с управляемыми колесами. Поскольку рулевой механизм закреплен на несущей системе автомобиля, а управляемые колеса при движении перемещаются на подвеске вверх и вниз относительно несущей системы, рулевой привод обязан обеспечить необходимый угол поворота колес независимо от вертикальных перемещений подвески (согласованность кинематики рулевого привода и подвески). В связи с этим конструкция рулевого привода,



Рис. 5.4. **Шарнирный рулевой вал грузового автомобиля**



Рис. 5.5. **Рулевой вал со сминаемыми при ударе элементами:** 1 — вал до удара; 2 — вал в процессе смятия; 3 — полностью сложенный вал; 4 — максимальный ход рулевого вала

а именно количество и расположение рулевых тяг и шарниров, зависит от типа применяемой подвески автомобиля. Наиболее сложный рулевой привод имеют автомобили с несколькими управляемыми мостами.

Для дополнительного уменьшения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса, в рулевом приводе применяют усилители рулевого управления. Источником энергии для работы усилителя является, как правило, двигатель автомобиля. Первоначально усилители применялись лишь на тяжелых грузовых автомобилях и автобусах, в настоящее время используются и на легковых.

Для смягчения рывков и ударов, которые передаются на рулевое колесо при движении по неровной дороге, в рулевой привод иногда встраивают гасящие элементы — амортизаторы рулевого управления. Конструкция указанных амортизаторов принципиально не отличается от конструкции амортизаторов подвески.

РУЛЕВОЙ МЕХАНИЗМ

К рулевому механизму предъявляются следующие требования:

— оптимальное передаточное число, определяющее соотношение между необходимым углом поворота рулевого колеса и усилием на нем;
— незначительные потери энергии при работе (высокий КПД);
— возможность самопроизвольного возврата рулевого колеса в нейтральное положение после того как водитель перестал удерживать рулевое колесо в повернутом положении;
— незначительные зазоры в подвижных соединениях для обеспечения малого люфта или свободного хода рулевого колеса;
— высокая надежность.

Наибольшее распространение на легковых автомобилях сегодня получили реечные рулевые механизмы (рис. 5.6).

Конструкция такого механизма включает в себя шестерню, установленную на валу рулевого колеса, и связанную с ней зубчатую рейку. При вращении рулевого колеса рейка перемещается вправо или влево и через присоединенные к ней тяги рулевого привода поворачивает управляемые колеса.

Причинами широкого применения на легковых автомобилях именно такого механизма являются: простота конструкции, малые масса и стоимость изготовления, высокий КПД, небольшое число тяг и шарниров. Кроме того, расположенный поперек автомобиля корпус реечного рулевого механизма оставляет достаточно места в моторном отсеке для размещения двигателя, трансмиссии и других агрегатов автомобиля. Реечное рулевое управление обладает высокой жесткостью, что обеспечивает более точное управление автомобилем при резких маневрах.

Вместе с тем реечный рулевой механизм обладает и рядом недостатков: повышенная чувствительность к ударам от дорожных неровностей и передача этих ударов на рулевое колесо; склонность к виброактивности рулевого управления, повышенная нагруженность деталей, сложность установки такого рулевого механизма на автомобили с зависимой подвеской управляемых колес. Это ограничило сферу применения такого типа рулевых механизмов только легковыми (с вертикальной нагрузкой на управляемую ось до 24 кН) автомобилями с независимой подвеской управляемых колес.

Легковые автомобили с зависимой подвеской управляемых колес, малотоннажные грузовые автомобили и автобусы, легковые автомобили высокой проходимости оснащаются, как правило, рулевыми механизмами типа «глобоидальный червяк—ролик» (рис. 5.7).

Ранее такие механизмы применялись и на легковых автомобилях с независимой подвеской (например, семейство ВАЗ-2105, -2107), но в настоящее время их практически вытеснили реечные рулевые механизмы.

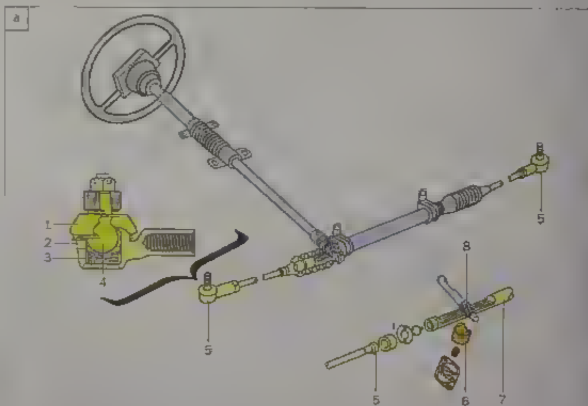
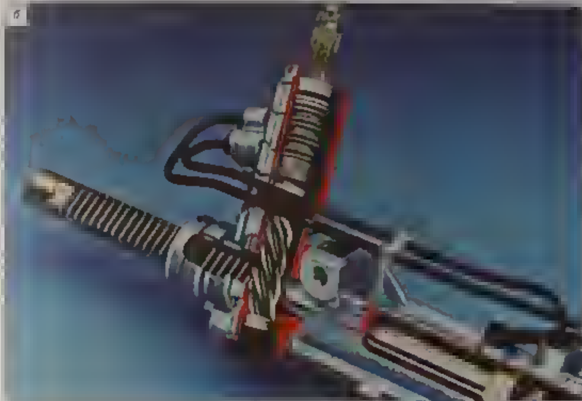


Рис. 5.6 а. **Реечный рулевой механизм без гидроусилителя:** 1 — чехол; 2 — вкладыш; 3 — пружина; 4 — шаровой палец; 5 — шаровой шарнир; 6 — упор; 7 — рулевая рейка; 8 — шестерня



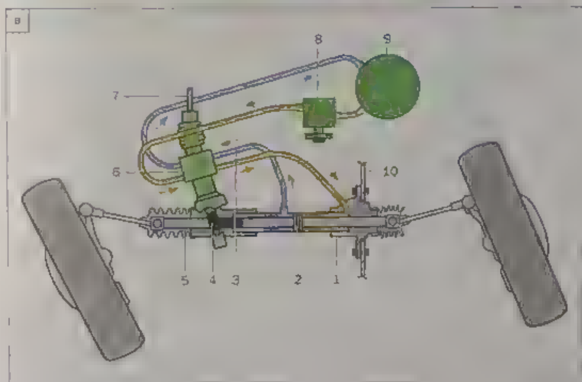


Рис. 5.6 б, в. **Реечный рулевой механизм с гидроусилителем:** 1 — жидкость под высоким давлением, 2 — поршень; 3 — жидкость под низким давлением, 4 — шестерня, 5 — рулевая рейка; 6 — распределитель гидроусилителя, 7 — рулевая колонка, 8 — насос гидроусилителя; 9 — резервуар для жидкости; 10 — элемент подвески



Рис. 5.7 **Рулевой механизм типа «глобоидальный червяк-ролик» без гидроусилителя:**
1 — ролик; 2 — червяк

Механизм типа «глобоидальный червяк–ролик» представляет собой разновидность червячной передачи и состоит из соединенного с рулевым валом глобоидального червяка (червяка с переменным диаметром) и ролика, установленного на валу. На этом же валу вне корпуса рулевого механизма установлен рычаг (сошка), с которым связаны тяги рулевого привода. Вращение рулевого колеса обеспечивает обкатывание ролика по червяку, качание сошки и поворот управляемых колес.

В сравнении с реечными рулевыми механизмами червячные механизмы имеют меньшую чувствительность к передаче ударов от дорожных неровностей, обеспечивают большие максимальные углы поворота управляемых колес (лучшая маневренность автомобиля), хорошо компонуются с зависимой подвеской, допускают передачу больших усилий. Иногда червячные механизмы применяют на легковых автомобилях высокого класса и большой собственной массы с независимой подвеской управляемых колес, но в этом случае усложняется конструкция рулевого привода — добавляется дополнительная рулевая тяга и маятниковый рычаг. Кроме того, червячный механизм требует регулировки и дорог в изготовлении.

Наиболее распространенным рулевым механизмом для тяжелых грузовых автомобилей и автобусов является механизм типа «винт–шариковая гайка–рейка–зубчатый сектор» (рис. 5.8).

Иногда рулевые механизмы такого типа можно встретить на больших и дорогих легковых автомобилях (Mercedes, Range Rover и др.).

При повороте рулевого колеса вращается вал механизма с винтовой канавкой и перемещается надетая на него гайка. При этом гайка, имеющая на внешней стороне зубчатую рейку, поворачивает зубчатый сектор вала сошки. Для уменьшения трения в паре винт–гайка передача усилия в ней происходит посредством шариков, циркулирующих в винтовой канавке. Данный рулевой механизм имеет те же преимущества, что и рассмотренный выше червячный, но имеет больший КПД, позволяет эффективно передавать большие усилия и хорошо компонуется с гидравлическим усилителем рулевого управления.

Ранее на грузовых автомобилях можно было встретить и другие типы рулевых механизмов, например «червяк–боковой сектор», «винт–кривошип», «винт–гайка–шатун–рычаг». На современных автомобилях такие механизмы из-за их сложности, необходимости регулировки и низкого КПД практически не применяются.

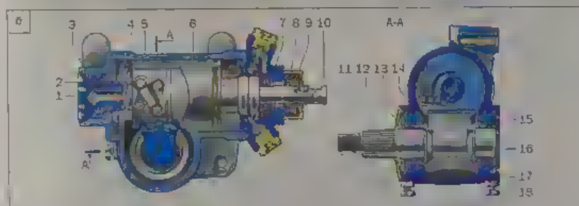


Рис. 5.8 **Рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка–рейка–зубчатый сектор» без гидроусилителя (а):** 1 — картер; 2 — винт с шариковой гайкой; 3 — вал-сектор; 4 — пробка заливного отверстия, 5 — регулировочные прокладки, 6 — вал, 7 — уплотнитель рулевого вала, 8 — сошка, 9 — крышка, 10 — уплотнитель вала-сектора; 11 — наружное кольцо подшипника вала-сектора; 12 — стопорное кольцо, 13 — уплотнительное кольцо, 14 — боковая крышка, 15 — пробка; **со встроенным гидроусилителем (б):** 1 — регулировочная гайка; 2 — подшипник, 3 — уплотнительное кольцо; 4 — винт, 5 — картер; 6 — поршень-рейка, 7 — гидравлический распределитель; 8 — манжета, 9 — уплотнитель, 10 — входной вал; 11 — вал-сектор; 12 — защитная крышка, 13 — стопорное кольцо, 14 — уплотнительное кольцо, 15 — наружное кольцо подшипника вала-сектора, 16 — боковая крышка, 17 — гайка, 18 — болт

Рулевой привод должен обеспечивать оптимальное соотношение углов поворота разных управляемых колес, не вызывать поворотов колес при работе подвески, иметь высокую надежность.

Наиболее распространен механический рулевой привод, состоящий из рулевых тяг, рулевых шарниров и, иногда, промежуточных (маятниковых) рычагов.

Поскольку рулевой шарнир должен, как правило, работать в нескольких плоскостях, он делается сферическим (шаровым). Такой шарнир состоит из корпуса с вкладышами и шарового пальца с надетым на него эластичным защитным чехлом (рис. 5.9 и см. рис. 5.6а).

Вкладыши выполняются из материала с антифрикционными свойствами. Чехол предотвращает попадание грязи и воды внутрь шарнира.

Рулевой привод многоосных автомобилей с несколькими передними управляемыми осями принципиально не отличается от привода автомобиля с одной управляемой осью, но имеет большее количество тяг, шарниров и рычагов (рис. 5.10).



Рис. 5.9. **Шарнир рулевого привода с шаровым пальцем**

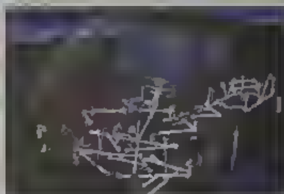


Рис. 5.10. **Рулевой привод многоосных автомобилей**

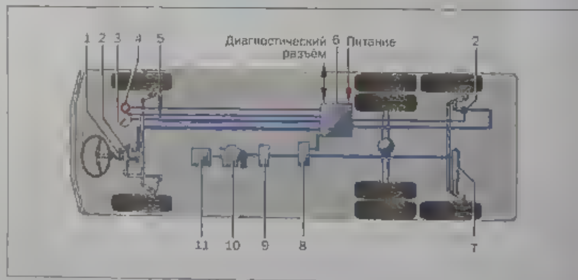


Рис. 5.11. **Рулевой привод задних управляемых колес грузового автомобиля:** 1 — рулевой механизм; 2 — датчик угла поворота колес; 3 — датчик частоты вращения коленчатого вала; 4 — аварийная лампа; 5 — датчик частоты вращения колеса; 6 — электронный блок управления; 7 — гидроцилиндр; 8 — управляющий клапан; 9 — фильтр; 10 — насос; 11 — масляный бак



Рис. 5.12. **Рулевой привод задних управляемых колес автомобиля**

Как было сказано выше, основная цель дополнительного поворота задних колес автомобиля — повышение маневренности, причем задние колеса должны поворачиваться в другом направлении, нежели передние. Создать механический рулевой привод, который обеспечивал бы указанный характер поворота, несложно, но оказалось, что автотранспортные средства с таким управлением склонны к рысканью при движении по прямой и плохо управляются при входе в скоростные повороты. Поэтому в рулевой привод современных автомобилей с задними управляемыми колесами устанавливают устройства, которые отключают поворот задних колес при скоростях выше 20–30 км/ч. В связи с этим привод задних колес делается гидравлическим или электрическим (рис. 5.11).

В ряде случаев задние колеса легковых автомобилей делаются поворотными не столько для повышения маневренности, сколько для подруливания при прохождении поворотов на большой скорости. Механический, гидравлический или электрический рулевой приводы (рис. 5.12) обеспечивают поворот задних колес в ту или иную сторону на небольшие углы (не более 2–3°), что улучшает управляемость на высоких скоростях.

УСИЛИТЕЛИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Если на управляемые колеса приходится большой вес, то управление затрудняется из-за необходимости прикладывать к рулевому колесу значительные усилия. Это предопределило применение усилителей рулевого управления.

Если первоначально по указанным причинам усилители применялись на тяжелых грузовых автомобилях и автобусах с высокими нагрузками на управляемые колеса, то в последние десятилетия усилители стали более широко применяться также и на легковых автомобилях, в том числе малого класса, поскольку позволяют использовать рулевые механизмы с меньшими передаточными числами и обеспечивать точность и быстродействие управления на высоких скоростях движения (меньше необходимые углы поворота рулевого колеса). Возрастающие при этом усилия, необходимые для маневрирования с большими углами поворота колес (например, парковка), компенсируются действием усилителя. Кроме того, наличие усилителя снижает общую физическую нагрузку на водителя, в ряде случаев позволяет

гать удары от дорожных неровностей, усилитель обеспечивает возможность удержания автомобиля на дороге при повреждении шин или подвески. Но усилитель может оказать и отрицательное влияние на рулевое управление, например из-за низкого быстродействия (запаздывание включения при резких поворотах руля), потери водителем «чувства дороги», снижения точности управления при слишком облегченном повороте рулевого колеса, колебания управляемых колес, спровоцированных усилителями. Современные рулевые усилители имеют конструкцию, свободную от данных недостатков. Усилители, применяемые на современных автомобилях, по принципу своего действия могут быть адаптивными и неадаптивными, а по типу привода — гидравлическими, пневматическими и электрическими. Адаптивные усилители могут изменять коэффициент усиления в зависимости от скорости автомобиля. У автомобиля с таким усилителем при маневрировании на стоянке усилие, необходимое для поворота рулевого колеса, значительно ниже, чем у неадаптивных, а по мере увеличения скорости движения автомобиля усилие поворота увеличивается.

Неадаптивный усилитель состоит из трех основных частей:

— источника энергии;
— силового элемента, создающего дополнительное усилие при работе рулевого управления;
— управляющего элемента, отвечающего за включение и выключение силового элемента.

Адаптивный усилитель, кроме перечисленных частей, имеет датчик скорости автомобиля, электронный блок управления и исполнительное устройство (обычно электрогидравлическое), которое воздействует на управляющий элемент.

Большинство современных автомобилей с усилителем имеют гидравлический усилитель рулевого управления, в котором гидравлический насос, приводимый от двигателя автомобиля (источник энергии), создает давление в гидравлическом цилиндре (силовой элемент). Наиболее распространены гидроусилители, в которых силовой и распределительный элементы объединены с рулевым механизмом в одном корпусе (гидроруль). Поршнем гидроцилиндра в реечном рулевом механизме при этом является рулевая рейка (см. рис. 5.7), в механизме «винт–гайка–рейка–сектор» — гайка. Управляющее устройство выполнено в виде золотника на входном валу механизма, который при прикладывании усилия к рулевому колесу поворачивается (или смещается), перекрывает определенные каналы для прохода жидкости и тем самым соединяет правую или левую полость гидроцилиндра с гидравлическим насосом.

На некоторых автомобилях (многоосные, тяжелые грузовые) гидроцилиндр устанавливают в непосредственной близости от управляемого колеса для снижения нагрузок на рулевой привод. Иногда с целью унификации конструкции рулевого механизма для автомобилей с усилителями и без них золотниковое распределительное устройство также располагается на тягах рулевого привода.

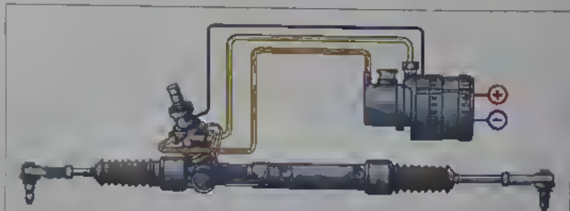


Рис. 5.13. Электрогидравлический рулевой усилитель

Разновидностью гидроусилителя является электрогидравлический усилитель, в котором гидравлический насос соединен с электродвигателем, питающимся от бортовой электросети автомобиля. Конструктивно электродвигатель и гидронасос (рис. 5.13) объединены в силовой блок (Powerpack).

Преимущества такой схемы: компактность, возможность функционирования при неработающем двигателе (источник энергии — АКБ автомобиля); включение гидронасоса только в необходимые моменты (экономия энергии), возможность применения электронных схем регулирования в цепях электродвигателя.

В последние годы на легковых автомобилях стали применяться электрические усилители рулевого управления, в которых функции силового элемента выполняет электродвигатель, а управляющего элемента — электронный блок. Основные преимущества данного усилителя: удобство регулирования характеристик, повышение надежности (отсутствие гидравлики), экономное расходование энергии. Возможны следующие варианты компоновки электроусилителя (рис. 5.14а, б, в):

— усилие электродвигателя передается на вал рулевого колеса;
— усилие электродвигателя передается на вал шестерни реечного рулевого механизма;
— электродвигатель воздействует через винтовую гайку на рейку рулевого механизма.

Электроусилитель с воздействием на вал рулевого колеса может быть установлен без серьезных переделок на автомобили при условии, что прочность деталей рулевого управления окажется достаточной.

Пока электроусилители применяются лишь на легких автомобилях, поскольку существующие бортовые источники электроэнергии не могут обеспечить работу электродвигателя высокой мощности. Но в случае перехода на более высокое напряжение бортовой сети (например, 42 В) можно ожидать расширения сферы применения электроусилителей.

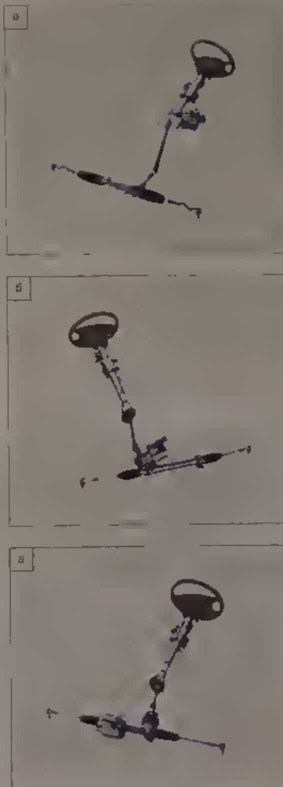


Рис. 5.14. Электрические усилители рулевого управления: а — с воздействием на рулевой вал; б — с воздействием на шестерню рулевого механизма; в — с воздействием на рейку рулевого механизма

§ 31

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ESP

Основной задачей электронной системы стабилизации траектории ESP (Electronic Stability Programm) является предотвращение выхода автомобиля за пределы полосы движения на повороте при ошибочных действиях водителя (например, при попытке пройти поворот со слишком высокой скоростью в момент начала заноса и т. д.).

Система ESP (рис. 5.15) включает в себя: датчики, электронный блок управления, гидравлическую систему подтормаживания того или другого колеса и систему управления двигателем.

В системе подтормаживания задействованы агрегаты антиблокировочной системы автомобиля (АБС). Электронный блок управления (ЭБУ) постоянно получает и анализирует сигналы от датчиков угла поворота рулевого колеса, бокового ускорения, угловой скорости вращения кузова относительно вертикальной оси, частоты вращения колес. В момент, когда сочетание показаний датчиков воспринимается ЭБУ как приближение к критическому режиму (занос, начало бокового скольжения), он выдает сигнал гидравлической системе подтормаживания и блоку управления двигателем. При этом одно или несколько колес одного борта начинают подтормаживаться, что приводит к возникновению поворачивающего момента относительно вертикальной оси, который предотвращает развитие аварийной ситуации (рис. 5.16). Одновременно воздействие на блок управления двигателем позволяет уменьшить подачу топлива и снизить скорость движения до безопасного уровня.



Рис. 5.15. **Электронная система стабилизации траектории:** 1 — блок управления АБС; 2 — датчик скорости вращения колес; 3 — датчик угла поворота руля; 4 — датчик бокового ускорения и угловой скорости; 5 — электронный блок управления (ЭБУ); 6 — электропривод дроссельной заслонки (бензиновый двигатель) или ТНВД (дизель); 7 — датчик давления в тормозной системе

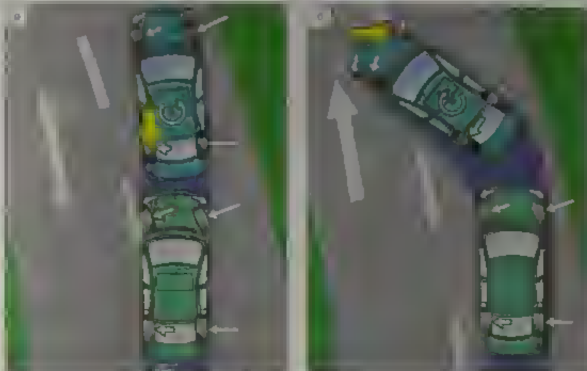


Рис. 5.16. **Поворот в критической ситуации: а — при сносе; б — при заносе**

§ 32

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Наряду с такими традиционными направлениями совершенствования рулевого управления, как повышение его надежности и снижение стоимости производства, в последние годы наметилась тенденция разработки электронных устройств, помогающих водителю оптимально управлять траекторией автомобиля. Одна из таких систем — ESP была рассмотрена выше, другая система, устанавливаемая на некоторых легковых автомобилях BMW, обозначается аббревиатурой AFS — Active Front Steering (активная система управления передними колесами). Система AFS (рис. 5.17) имеет разрезной рулевой вал, обе половины которого соединены с помощью сдвоенного планетарного редуктора. Корпус редуктора может поворачиваться с помощью электродвигателя, который включается по сигналу электронного блока управления, соединенного с датчиками (см. § 31).

Таким образом, система AFS, анализирующая параметры криволинейного движения автомобиля в каждый момент времени, может увеличивать или уменьшать угол или угловую скорость поворота управляемых колес, тем самым помогая водителю оптимально управлять автомобилем.

Развитие электроники позволяет говорить о возможности в будущем перейти на электроуправление поворотом колес автомобиля (система Steer by wire). В таких системах будет отсутствовать механическая связь между рулевым колесом и управляемыми колесами, каждое колесо будет поворачиваться индивидуальным электродвигателем по сигналу ЭБУ. При воздействии водителя на органы управления автомобилем генерируется электрический сигнал, который наряду с сигналами других датчиков анализируется блоком управления. В таких системах традиционное рулевое колесо становится необязательным и может быть заменено, например, джойстиком

а

б

Рис. 5.17. **Система AFS:** а — рулевой механизм, б — общий вид

ГЛАВА 6

Если отключить двигатель от ведущих колес, то автомобиль будет продолжать движение по инерции накатом. Под действием сил сопротивления движению скорость автомобиля снижается и наконец он останавливается. Однако более эффективным является замедление под действием специально создаваемой внешней силы — тормозной.

Тормозное управление

§ 33

НАЗНАЧЕНИЕ ТОРМОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ. СПОСОБЫ ТОРМОЖЕНИЯ

Тормозным управлением называется совокупность систем автомобиля, призванных уменьшать скорость движения вплоть до полной остановки и удерживать автомобиль на уклоне неограниченно длительное время.

Тормозная сила может иметь аэродинамическую природу, являться следствием использования сил трения, гидравлического сопротивления или электромагнитного поля.

Для создания аэродинамической тормозной силы используется тормозной парашют или специальные «закрылки», выдвигаемые из кузова автомобиля. Такой способ торможения используется только на гоночных автомобилях, т. к. он эффективен только при высоких скоростях движения.

Наиболее часто для замедления автомобиля или удержания его на уклоне при стоянке используют тормозную силу между колесом и дорогой. Эта сила возникает в результате того, что искусственно затрудняется свободное вращение колеса. Направление тормозной силы противоположно направлению движения автомобиля. Препятствие вращению колеса могут создавать колесный тормозной механизм, двигатель автомобиля или специальный гидравлический или электрический тормоз-замедлитель, установленный в трансмиссии.

Тормозная сила в пятне контакта шины с дорогой тем больше, чем больше оказывается сопротивление вращению колеса. Это сопротивление тем больше, чем сильнее водитель нажимает педаль тормоза. Однако не стоит думать, что увеличивая усилие на педаль, можно довести тормозную силу до бесконечности. Максимальное значение тормозной силы зависит еще и от сцепления колеса с дорогой. Чем лучше сцепление шины с дорогой, тем большая тормозная сила может быть получена. Сцепление зависит от вертикальной нагрузки, прижимающей колесо к дороге (вертикальная реакция), рисунка протектора шины и ее конструкции, состояния дорожного покрытия. Так, на асфальтобетон

сухой дороге торможение более эффективно, чем на той же дороге во время дождя или на льду. Максимальное сцепление колеса с дорогой при торможении обеспечивается при его качении с одновременным частичным проскальзыванием. Когда колесо полностью блокируется, т. е. скользит по дороге без проворачивания, то сцепление уменьшается на 20...30 % от максимального значения. Желательно при торможении колесо не доводить до полного блокирования.

Для получения максимального значения тормозной силы все колеса автомобиля делают тормозными, т. е. используются все вертикальные реакции от дороги, действующие на колеса автомобиля.

Вертикальные реакции от дороги на передние и задние колеса автомобиля меняются при изменении его загрузки, особенно у грузовых автомобилей, прицелов (полуприцепов) и автобусов. Так, например, вертикальные нагрузки на задние колеса порожнего грузового автомобиля могут отличаться от нагрузок полностью груженного автомобиля в 3–4 раза. Кроме того, при торможении, по мере увеличения замедления автомобиля, меняется соотношение вертикальных реакций на передних и задних колесах. Происходит перераспределение реакции: возрастание на передних и уменьшение на задних колесах. Для повышения эффективности торможения тормозные силы также должны меняться пропорционально изменению вертикальных реакций на передних и задних колесах.

§ 34

ТИПЫ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ. КЛАССИФИКАЦИЯ

Каждое транспортное средство, от самых малых автомобилей весом 400–450 кг и до больших карьерных самосвалов или автопоездов весом 500–600 т, должно быть оборудовано рабочей, запасной и стояночной тормозными системами. Рабочая (основная) тормозная система обеспечивает уменьшение скорости движения вплоть до полной остановки автомобиля, запасная тормозная система — остановку автомобиля в случае выхода из строя рабочей тормозной системы, а стояночная тормозная — удержание остановленного автомобиля на месте неограниченно длительное время. **Помимо этих систем на грузовых автомобилях весом более 16 т и на больших междугородных автобусах обязательно применение четвертой тормозной системы — вспомогательной (противоизносной).** Совокупность всех тормозных систем называют системой тормозного управления. Допускается не оборудовать тормозным управлением прицепы весом менее 750 кг. На рис. 6.1 показана схема системы тормозного управления автомобиля.

К тормозному управлению предъявляются повышенные требования, т. к. оно является важнейшим средством обеспечения активной безопасности автомобиля. Требования к тормозным системам автотранспортных средств установлены в нескольких российских и международных нормативных документах. Основными из них являются ГОСТ Р 41.13-99 (так называемые Правила № 13 Европейской Экономической Комиссии ООН), ГОСТ Р 41.13Н-99

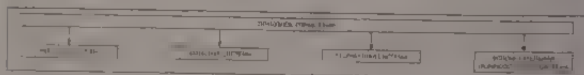


Рис. 6.1. **Схема системы тормозного управления**

ГОСТ Р 51709-2001, ГОСТ 4364-88, ОСТ 37.001.067-86. Большая часть этих документов устанавливает требования к эффективности тормозов новых автомобилей. В ГОСТ Р 51709-2001 указывается, каким требованиям должны отвечать тормозные системы автомобилей в эксплуатации. Тормозные требования к ним менее жесткие, чем к новым автомобилям.

В техническом плане требования к тормозным системам следующие:

— обеспечение минимального тормозного пути, максимального установившегося замедления или тормозной силы на колесах;
— удержание транспортного средства на уклоне определенной величины на стоянке;
— сохранение устойчивости при торможении (критериями устойчивости служат линейное отклонение, угловое отклонение, угол складывания автопоезда);
— стабильность тормозных свойств при неоднократных торможениях, при которых происходит разогрев тормозных механизмов;
— минимальное время срабатывания тормозного привода;
— следящее действие тормозного привода, т. е. пропорциональность между усилием на педали (рычаге) и тормозным моментом на колесе;
— малая работа управления тормозными системами (усилие на тормозной педали, в зависимости от назначения автотранспортного средства, должно быть не более 500–700 Н; ход тормозной педали 80–180 мм);
— поддержание установившейся скорости при движении на затяжном спуске (для вспомогательной тормозной системы);
— отсутствие полного блокирования (юза) колес;
— неравномерность действия тормозов левого и правого колес одной оси не должна превышать определенной величины;
— отсутствие раздражающих органолептических явлений при торможении (скрип, неприятный запах);
— повышенная надежность всех элементов тормозных систем, основные элементы которых не должны выходить из строя на протяжении гарантированного ресурса.

Должна быть также предусмотрена сигнализация, оповещающая водителя о неисправностях в системе тормозного управления.

Рабочая тормозная система автомобиля обычно приводится в действие ножной тормозной педалью. На автомобилях, специально предназначенных для управления водителями-инвалидами без обеих ног, рабочая тормозная система приводится в действие рукой от специального рычага, закрепленного на руле. На прицепах и полуприцепах рабочая система приводится в действие по гидравлическому, пневматическому или электрическому сигналу, поступающему от тормозной системы автомобиля-тягача в момент начала его торможения. Существуют также тормозные системы прицепов, в которых рабочая система начинает срабатывать вследствие набегания (накатывания) прицепа на тормозящий тягач, при котором возникает сила сжатия в сцепке. Такая тормозная система прицепа называется тормозом наката.

Рабочая тормозная система, как и стояночная и запасная, состоит из тормозных механизмов и тормозного привода. На легковых автомобилях, малотоннажных грузовых автомобилях и микроавтобусах применяют усилитель тормозов, а также другие устройства, повышающие эффективность тормозных систем и устойчивость при торможении. Многие автотранспортные средства имеют антиблокировочную систему тормозов (АБС), входящую в состав тормозного привода (рис. 6.2).

При нажатии тормозной педали увеличивается давление жидкости в тормозном приводе, в том числе и тормозных цилиндрах колесных тормозных механизмов. Срабатывание тормозных механизмов приводит к замедлению вращения колес и появлению тормозных сил в точке контакта шин с дорогой.

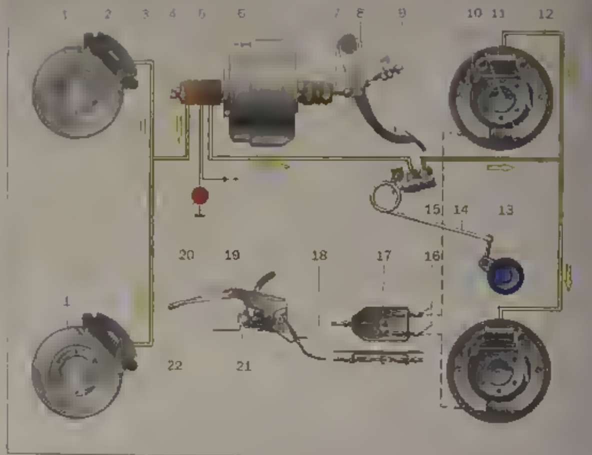


Рис. 6.2 **Принципиальная схема рабочей тормозной системы автомобиля:** 1 — тормозной диск; 2 — скоба тормозного механизма передних колес; 3 — передний контур; 4 — главный тормозной цилиндр; 5 — бачок с датчиком аварийного падения уровня тормозной жидкости; 6 — вакуумный усилитель; 7 — толкатель; 8 — педаль тормоза; 9 — выключатель света торможения; 10 — тормозные колодки задних колес; 11 — тормозной цилиндр задних колес; 12 — задний контур; 13 — кожух полуоси заднего моста; 14 — нагрузочная пружина; 15 — регулятор давления; 16 — задние тросы; 17 — уравнитель; 18 — передний (центральный) трос; 19 — рычаг стояночного тормоза; 20 — сигнализатор аварийного падения уровня тормозной жидкости; 21 — выключатель сигнализатора стояночного тормоза; 22 — тормозная колодка передних колес

Запасная тормозная система должна использоваться при отказе или неисправности рабочей тормозной системы. Она может быть менее эффективной, чем рабочая тормозная система. При этом считается, что в рабочей системе одновременно может произойти отказ не более чем одного элемента тормозного привода или механизма. В случае отсутствия на автомобиле специальной автономной запасной тормозной системы ее функции может выполнять исправная часть рабочей тормозной системы (например, один из контуров тормозного привода рабочей тормозной системы с соответствующими тормозными механизмами) или стояночная тормозная система. Важное требование к запасной тормозной системе — наличие следящего действия, т. е. пропорциональности между усилием на педали (рычаге) и тормозным моментом на колесах автомобиля. По этому требованию стояночная тормозная система большинства легковых автомобилей (управляемая рычагом) не может быть признана в качестве запасной тормозной системы.

На прицепных транспортных средствах наличие запасной тормозной системы не требуется. Считается, что торможение автопоезда при отказе рабочей системы прицепа будет обеспечиваться исправной рабочей тормозной системой тягача. В то же время рабочая тормозная система прицепа всегда проектируется с таким расчетом, чтобы в случае отрыва прицепа от тягача осуществлялось аварийное полное экстренное торможение прицепа с эффективностью не менее чем предусмотрено для запасной тормозной системы автомобиля. К легким прицепам категорий O1 и O2, оборудованным тормозом наката, требование аварийного торможения не предъявляется, однако они должны быть снабжены страховочной цепью или тросом, соединяющим прицеп с автомобилем и обеспечивающим некое остаточное управление прицепом после его отрыва от тягача.

Стояночная тормозная система обычно приводится в действие от рычага (рукоятки) рукой водителя. Иногда стояночная система приводится в действие ногой от специальной педали. Удержание транспортного средства на уклоне должно производиться как на участке подъема, так и участке спуска дороги. Стояночная система должна удерживать автомобиль или прицеп (полуприцеп) на уклоне определенной величины неограниченно долгое время. В связи с этим использование, например, гидравлики или пневматики в тормозных механизмах стояночной системы невозможно из-за опасности утечки жидкости или воздуха с течением времени. Привод тормозных механизмов стояночной системы у современных транспортных средств может быть механическим, от рычага (педали) через тросы (тяги) и рычаги, электрическим, пневматическим и т. д.

Для обеспечения тормозной эффективности достаточно использовать тормозные механизмы наиболее нагруженной оси или нескольких осей транспортного средства. Обычно для этой цели используют заднюю ось или заднюю тележку грузового автомобиля или автобуса, заднюю ось или две задние оси соответственно двух- или трехосного полуприцепа. На легковых автомобилях и прицепах нагрузка на переднюю и заднюю оси распределяется почти одинаково. Поэтому у них стояночная система обычно выполнена с использованием задних, неуправляемых колес, что конструктивно несколько проще. Хотя принципиально возможна и технически реализована некоторыми фирмами стояночная тормозная система на передних колесах легкового автомобиля (например, некоторые автомобили SAAB).

Вспомогательная тормозная система, ограничивающая скорость движения автомобиля на длительных спусках, выполняется не зависимой от других тормозных систем.

Транспортное средство при движении под уклон начинает постепенно разгоняться, достигая скорости, опасной с точки зрения водителя для безопасного движения. Водитель притормаживает, используя рабочую тормозную систему, снижая скорость до безопасной. Через некоторое время автомобиль вновь разгоняется и цикл притормаживания повторяется. За путь движения с перевала длиной 5–20 км циклы притормаживания рабочей системой многократно повторяются. Это сопровождается износом шин, тормозных накладок и — самое главное — увеличением температуры тормозных механизмов, в первую очередь тормозных накладок. При разогреве накладок тормозных механизмов снижается коэффициент трения накладки о тормозной барабан, а следовательно, и тормозная эффективность тормозного механизма. В результате эффективность торможения автомобиля в начале спуска с горы и в конце, при прочих равных условиях, совершенно различная. Резкое ухудшение тормозных свойств автомобиля с горячими тормозными механизмами может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжелыми последствиями.

Поэтому была разработана для тяжелых автомобилей и автопоездов такая тормозная система, которая обеспечивает длительное движение на спуске с небольшой постоянной скоростью без использования (и разогрева) механизмов рабочей тормозной системы. Последние должны оставаться в холодном состоянии и готовности выполнить в любой момент торможение с максимальной эффективностью.

Пятой системой является вспомогательная (вторая резервная и вспомогательная) тормозная система. Вспомогательная система не может снизить скорость автомобиля до нуля. По нормативным документам эффективность вспомогательной тормозной системы считается достаточной, если на уклоне в 7 % длиной 7 км скорость автомобиля поддерживается на уровне (30±5) км/ч.

Конструктивно вспомогательная тормозная система выполняется сейчас тремя способами: моторный тормоз, гидравлический тормоз-замедлитель и электрический тормоз-замедлитель. Следует иметь в виду, что в качестве тормоза-замедлителя на каждом автомобиле можно использовать двигатель, работающий на режиме холостого хода (так называемое торможение двигателем). Тормозной момент, создаваемый в этом случае двигателем, увеличивается при включении низших передач в коробке. Однако тормозной момент, развиваемый двигателем, работающим на холостых оборотах, небольшой и не обеспечивает необходимого замедления автомобиля большой массы.

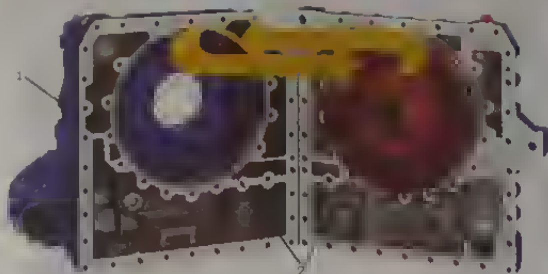
Более эффективный моторный тормоз (горный тормоз) представляет собой двигатель автомобиля, оборудованный дополнительными устройствами выключения подачи топлива и поворота заслонки в выпускном трубопроводе, создающих дополнительное сопротивление.

При торможении водитель с помощью пневматического привода поворачивает заслонку в трубе глушителя в закрытое положение и перемещает рейку топливного насоса высокого давления в положение нулевой подачи топлива в двигатель. Вследствие этих действий двигатель автомобиля глушится (но вращение коленчатого вала не прекращается) и становится невозможным выпуск воздуха из цилиндров через выпускной тракт. В такте выпуска поршень стремится вытолкнуть воздух через выпускной трубопровод. При этом поршень испытывает сопротивление, многократно сжимая воздух. Следствием этого сопротивления перемещению поршня является замедление вращения коленчатого вала и, следовательно, передача от него через трансмиссию тормозного момента к ведущим колесам автомобиля.

Гидравлический тормоз-замедлитель представляет собой устройство из двух лопастных колес, не связанных жестко друг с другом, но расположенных друг напротив друга на небольшом расстоянии. Лопастные колеса установлены в отдельном корпусе или встроены в гидромеханическую передачу (ГМП). Одно лопастное колесо установлено на вале трансмиссии, например на карданном, и вращается вместе с ним, а второе колесо неподвижно и соединено с корпусом тормоза. Для создания сопротивления вращению карданного вала корпус с помощью специального насоса наполняется маслом. Масло разгоняется лопастями вращающегося колеса, перетекает на лопасти неподвижного колеса, где его скорость резко замедляется, и затем повторно поступает на лопатки вращающегося колеса. При попадании масла на лопатки быстро вращающегося лопастного колеса вращение последнего замедляется, а образующийся тормозной момент через трансмиссию подводится к ведущим колесам автомобиля. Нагреваемое в корпусе тормоза-замедлителя масло охлаждается в специальном радиаторе. Для выключения тормоза масло удаляют из корпуса. Гидрозамедлитель может обеспечить несколько ступеней интенсивности торможения, если устанавливается перед коробкой передач. Чем ниже передача, тем эффективнее происходит торможение.

На рис. 6.3 показан принцип действия гидравлического тормоза-замедлителя.

По аналогичному принципу работает и электрический тормоз-замедлитель. На автомобилях с механической трансмиссией он выполняется в отдельном корпусе. С карданным валом или любым другим валом трансмиссии соединен вращающийся ротор замедлителя, а в корпусе закреплены неподвижные обмотки статора. При подаче напряжения на обмотки статора возникает магнитное силовое поле, препятствующее свободному вращению ротора. Образующийся тормозной момент через трансмиссию подводится к ведущим колесам автомобиля аналогично гидравлическому тормозу-замедлителю. На рис. 6.4 приведена схема электрического тормоза-замедлителя.



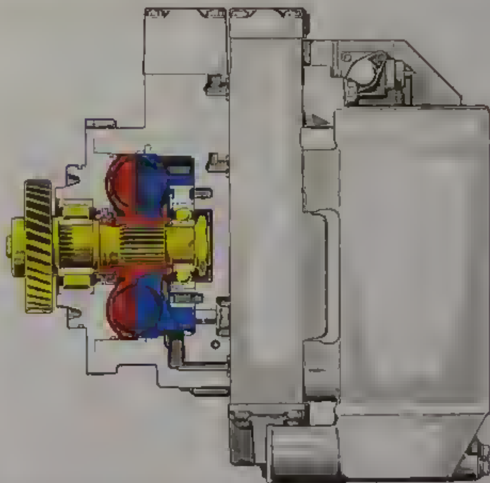


Рис. 6.3. **Гидравлический тормоз-замедлитель:** 1 — корпус; 2 — лопастное колесо



Рис. 6.4 **Электрический тормоз-замедлитель: 1 — ротор; 2 — обмотки статора**

Также следует отметить, что на прицепах и полуприцепах при необходимости также может устанавливаться тормоз-замедлитель. Он может быть электрического или гидравлического типа. Для этого одна из осей конструктивно должна быть выполнена с полуосями, между которыми устанавливается замедлитель. Включение и выключение замедлителя производится водителем из кабины тягача.

§ 35

ТОРМОЗНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Тормозной механизм предназначен для создания тормозного момента, препятствующего вращению колеса автомобиля или элемента трансмиссии, соединенного с колесом. Наиболее распространенными тормозными механизмами являются фрикционные, принцип действия которых основан на трении вращающихся деталей о неподвижные. По форме вращающихся деталей фрикционные тормозные механизмы делятся на барабанные и дисковые. Невращающимися деталями барабанных тормозов могут быть колодки или ленты, дисковых тормозов — только колодки.

Наиболее распространенное место размещения тормозного механизма — внутри колеса (хотя это и увеличивает неподрессоренные массы), поэтому такие механизмы называются колесными. Иногда тормозные механизмы располагаются в трансмиссии автомобиля, например за коробкой передач или раздаточной коробкой, перед главной передачей или на полуосях. Такие механизмы называются трансмиссионными.

Тормозной механизм любого типа должен создавать максимальный тормозной момент, мало зависящий от направления вращения тормозного диска или барабана, замасливания или попадания влаги на фрикционные поверхности, их температуры. Зазор между фрикционными поверхностями тормоза должен быть минимальным для быстрого срабатывания механизма при торможении. Вследствие изнашивания фрикционной поверхности колодки или ленты зазор в эксплуатации неизбежно увеличивается. Поэтому любой фрикционный тормозной механизм должен иметь устройство, позволяющее автоматически или вручную восстанавливать первоначальный минимальный зазор.

Наименее распространены в настоящее время на автомобилях **ленточные барабанные тормозные механизмы** (рис. 6.5). Они состоят из вращающегося барабана и неподвижной ленты. Во время торможения лента прижимается к барабану, создавая тормозной момент

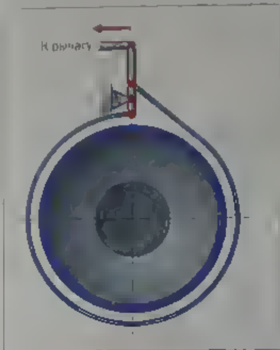


Рис. 6.5. **Ленточный барабанный тормозной механизм**

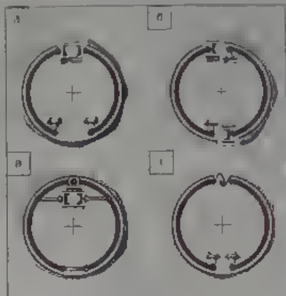


Рис. 6.6. **Колодочные барабанные тормозные механизмы: а — механизм с односторонними опорами; б — с разнесенными опорами; в — механизм с самоусилением; г — механизм с разжимным кулаком**

Отрицательным свойством ленточного механизма являются большие дополнительные радиальные нагрузки, действующие при торможении на опоры барабана, и невозможность получения плавного торможения. Из-за малой жесткости ленты зазор между ней и барабаном должен быть большим, что увеличивает ход тормозной педали и снижает быстродействие тормоза. Устройства для регулирования зазоров в ленточных тормозах сложны, ненадежны в работе и требуют частого обслуживания. Из-за указанных недостатков ленточные тормоза редко применяют на современных транспортных средствах (только иногда в стояночных тормозных системах).

Колодочные барабанные тормозные механизмы, несмотря на свою внешнюю схожесть, существенно отличаются друг от друга по конструкции и свойствам. На рис. 6.6 приведены основные схемы барабанных колодочных тормозов. В основном они различаются по расположению опор колодок и характеру приводных сил, раздвигающих колодки и прижимающих их к барабану изнутри. Различие в конструкции предопределяет и различие в свойствах.

На рис. 6.7 показан **барабанный тормоз с равными приводными силами и односторонним расположением опор колодок.**

Опорный диск закреплен на балке моста. В нижней части опорного диска установлены два пальца, на которых закреплены эксцентриковые шайбы. Положение пальцев фиксируют гайками. На эксцентриковые шайбы надеты нижние концы колодок. Регулировочные эксцентрики закреплены на опорном диске болтами, удерживаемыми от произвольного проворачивания предварительно сжатыми пружинами. Стяжная пружина прижимает каждую колодку к ее регулировочному эксцентрику. Пружина фиксирует регулировочный эксцентрик в любом положении при повороте его за головку болтов. Таким образом, каждая колодка центрируется относительно тормозного барабана регулировочными эксцентриками и эксцентриковыми шайбами пальцев. Верхние концы колодок соприкасаются с поршнями рабочего цилиндра. От боковых смещений колодки удерживаются направляющими скобами с пластинчатыми пружинами. Длина фрикционных накладок, прикрепленных к передним и задним

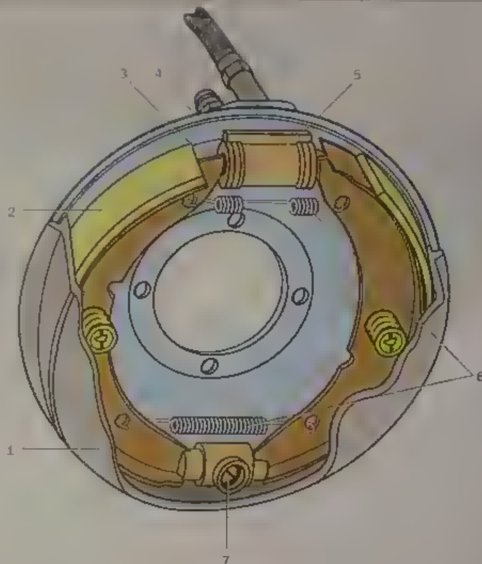


Рис. 6.7. **Барабанный механизм с равными приводными силами и односторонним расположением опор колодок:** 1 — тормозной барабан; 2 — фрикционная накладка; 3 — колодка, 4 — тормозной щит; 5 — тормозной цилиндр; 6 — возвратные (стяжные) пружины, 7 — эксцентрик регулировки тормоза

колодкам, неодинакова. Накладка передней колодки длиннее задней. Сделано это для обеспечения равномерного износа накладок, т. к. передняя колодка работает большее время как первичная и создает больший тормозной момент, чем задняя. Барабан тормоза прикреплен к ступице колеса. Для удобства доступа к колодкам барабан сделан съемным.

При торможении давление жидкости в колесном цилиндре раздвигает поршни в противоположном направлении, они воздействуют на верхние концы колодок, которые преодолевают усилие пружины и прижимаются к барабану. При растормаживании давление в цилиндре уменьшается и благодаря возвратной пружине, колодки сводятся в первоначальное положение.

В механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный верхним концом с одной тормозной колодкой, а через планку — с другой. К нижнему концу рычага присоединяется трос стояночного привода. При вытягивании троса рычаг поворачивается и прижимает к барабану сначала одну колодку, а затем через планку другую.

Тормоз автомобиля с раздельными опорами выполнен по схеме (см. рис. 6.6б). Он имеет две одинаковые тормозные колодки, каждая из которых установлена на своем опорном пальце. Колодки стягиваются пружинами. Концы колодок соприкасаются с поршнями колесных цилиндров. Рабочие цилиндры соединены с главным тормозным цилиндром и между собой трубопроводом. Механизм имеет автоматическое устройство регулирования зазора.

Опорный диск **серботормоза** (см. рис. 6.6в) укреплен на коробке передач, на нем установлены две колодки, разжимной и регулировочный механизмы. Верхние концы колодок прижаты стяжными пружинами к толкателям разжимного механизма, а нижние — к опорам регулировочного механизма. Усилие стяжных пружин левой колодки меньше, чем усилие пружин правой колодки. Сухарь регулировочного механизма может перемещаться вместе с опорами колодок на 3 мм относительно винта. В расторможенном положении сухарь прижат к корпусу сильными пружинами и указанный зазор устанавливается со стороны левой колодки.

При перемещении тормозного рычага усилие от него через тягу передается на двуплечий рычаг. Положение тормозного рычага в заторможенном состоянии фиксируется защелкой на зубчатом секторе. Короткое плечо двуплечего рычага давит при этом на разжимной стержень, который, вдвигаясь в корпус, разводит шариками толкатели обеих колодок. Первой к барабану прижимается левая колодка, имеющая более слабые стяжные пружины. Если торможение происходит при движении автомобиля вперед, то эта колодка захватывается барабаном и ее нижний конец перемещает правую колодку до ее соприкосновения с барабаном (перемещение колодки, которое не превышает 3 мм, происходит против хода часовой стрелки). Обе колодки работают как первичные, причем приводным усилием для правой колодки является сила трения, передаваемая от левой колодки. Так как тормозной момент трансмиссионного стояночного тормоза увеличивается главной передачей, то его размеры получаются меньше, чем размеры колесных тормозов или тормозов, установленных после межколесного дифференциала.

Тормоз с равными перемещениями колодок (см. рис. 6.6г). Колодки опираются на оси с эксцентричными шейками. Оси установлены и зафиксированы гайками в кронштейнах, приклепанных к опорному диску. При монтаже тормоза обеспечивается поворачивание оси и тем самым смещение конца колодки относительно барабана. Стяжной пружиной колодки прижимаются к разжимному кулаку. К колодкам приклепаны по две фрикционные накладки. Тормозной барабан отлит из чугуна и прикреплен к ступице колеса шпильками. Разжимной кулак изготовлен как одно целое с валом и установлен в кронштейне. На шлицевом конце вала закреплен рычаг. В рычаге размещена червячная передача, служащая для регулирования зазора в тормозном механизме.

В расторможенном состоянии между колодками и барабаном имеется зазор. При торможении давление воздуха воспринимается мембраной тормозной камеры, установленной на кронштейне, и ее шток поворачивает за рычаг вал с разжимным кулаком. Колодки прижимаются к барабану, вызывая торможение колеса. Профиль разжимного кулака выполнен так, чтобы обеспечивать перемещение на одинаковые расстояния концов колодок. Этим достигается уравновешенность тормозного механизма, равные тормозные моменты и износ колодок.

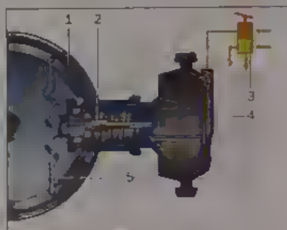


Рис. 6.8. **Тормозной механизм с клиновым разжимным устройством и автоматической регулировкой зазора:** 1 — колодка; 2 — разжимной клин; 3 — тормозной кран; 4 — тормозная камера; 5 — пружина

На ряде автомобилей применены тормозные механизмы с клиновым разжимным устройством и автоматической регулировкой зазора (рис. 6.8).

На опорном диске закреплен суппорт, в цилиндрические отверстия которого вставлены два толкателя. Внутри каждого толкателя размещены регулировочные втулки. На наружной поверхности каждой регулировочной втулки нанесена спиральная нарезка с треугольным профилем зубьев, а на внутренней поверхности нарезана резьба, в которую ввернут регулировочный винт. При первоначальной регулировке тормозных механизмов поворотом регулировочных винтов устанавливают зазор между тормозным барабаном и колодками, величина которого затем поддерживается автоматически. К регулировочным втулкам прижаты храповики, которые имеют зубья, находящиеся в зацеплении с наружными зубьями регулировочных втулок.

Разжимное устройство состоит из клина, двух роликов (оси которых размещены в сепараторе), упорной шайбы и грязезащитного колпака. При торможении на клин передается сила от штока тормозной камеры, вследствие чего он перемещается в осевом направлении и посредством роликов раздвигает толкатели. Перемещающиеся при этом регулировочные втулки и винты прижимают колодки к барабану, а собачка храповиков перескакивает через зубья регулировочных втулок. Когда происходит растормаживание и толкатели со связанными с ними деталями двигаются в обратном направлении, регулировочные втулки поворачиваются под действием усилия, возникающего в зацеплении между собачками храповиков и втулок, в результате чего винты вывертываются. Между колодками и барабаном устанавливаются необходимые зазоры. При увеличении зазора между колодками и барабаном собачки храповика попадают в зацепление с другой парой зубьев регулировочной втулки, что автоматически восстанавливает зазор в тормозном механизме.

Известны конструкции барабанных тормозных механизмов, применявшихся совместно с электрическим тормозным приводом (рис. 6.9).

Тормозные барабаны колесных и трансмиссионных тормозов обычно отливают из серого чугуна. У некоторых тормозов диск барабана оштампован из листовой стали и соединен с чугунным барабаном при отливке в неразъемную конструкцию. Тормозные барабаны легковых автомобилей выполняют из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугунным кольцом. На барабанах иногда делают ребра, увеличивающие жесткость конструкции и улучшающие отвод теплоты. Колодки барабанных тормозов для жесткости в сечении имеют тавровую форму. Иногда колодка опирается свободно нижним концом на площадку и не фиксируется. Такая колодка самоустанавливается относительно барабана при торможении. Фрикционные накладки изготавливают из материалов, обладающих большим коэффициентом трения (до 0,4), большой теплостойкостью и хорошей сопротивляемостью изнашиванию. Раньше накладки в горячем состоянии формовали в основном из волокнистого асбеста в смеси с органическими связывающими веществами (смолами, каучуком, маслами). Сейчас использование асбеста в тормозных накладках законодательно запрещено, т. к. асбест признан канцерогенным материалом.

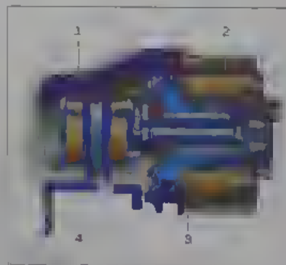


Рис. 6.9. **Дисковый тормозной механизм с электрическим приводом:** 1 — скоба, 2 — обмотка, 3 — шток, 4 — тормозной диск

Дисковый тормозной механизм (рис. 6.10) состоит из вращающегося диска, двух неподвижных колодок, установлен

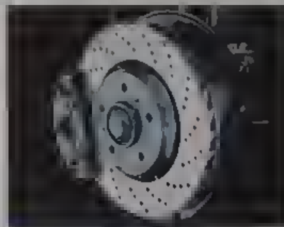
ных с обеих сторон диска внутри суппорта, закрепленного на кронштейне цапфы. По сравнению с колодочными тормозами барабанного типа дисковые тормозные механизмы обладают лучшими эксплуатационными свойствами, а поскольку передние колеса требуют при торможении приложения более значительных тормозных усилий, то установка передних колес этими дисковыми тормозами улучшает эксплуатационные качества автомобиля. Если тормозной привод гидравлический, то внутри суппорта находится один или несколько гидравлических цилиндров с поршнями. Если привод пневматический, то суппорт имеет клиновое или иное прижимное устройство. При торможении неподвижные колодки прижимаются к вращающемуся диску, появляются сила трения и тормозной момент. Дисковый тормозной механизм хорошо вписывается в колесо, имеет небольшое число элементов и малую массу.

Этот тормозной механизм обладает высокой стабильностью своих характеристик.

Дисковые тормоза получают все большее распространение в рабочих тормозных системах. Чугунный диск установлен на ступице колеса. С внутренней стороны диск охватывается суппортом, укрепленным на кронштейне поворотной цапфы. В пазах суппорта установлены рабочие цилиндры. В обработанных с высокой точностью отверстиях цилиндров размещены поршни. Тыльные части цилиндров соединены трубкой между собой и с главным тормозным цилиндром. Суппорты бывают с односторонними или двусторонними поршнями. Если суппорт имеет односторонние поршни, они располагаются с внутренней стороны, где обеспечивается лучшее охлаждение.



Рис. 6.10. **Дисковый тормозной механизм: 1 — колодки; 2 — суппорт; 3 — диск**


Рис. 6.11. **Тормозной механизм с вентилируемым диском**

При торможениях тормозной диск, колодки и суппорт сильно нагреваются, что может привести к снижению тормозной эффективности. Охлаждение осуществляется набегающим потоком воздуха. Для лучшего отвода тепла в диске колеса иногда делают отверстия, а диск тормозного механизма выполняют с вентилируемой внутренней поверхностью (рис. 6.11).

У скоростных автомобилей для интенсивного обдува тормозного механизма выполняют специальные аэродинамические устройства в виде воздухозаборников. На гоночных автомобилях применяют керамические диски, стойкие к перегреву, обеспечивающие хорошую эффективность торможения и высокую долговечность. В последнее время керамические тормозные диски (рис. 6.12) начали применять и на некоторых автомобилях серийного производства.



Рис. 6.12. Тормозной механизм с керамическим диском

Поршни обоих цилиндров соприкасаются с тормозными колодками, надетыми своими отверстиями на специальные направляющие пальцы суппорта, или вставленными в направляющие пазы. Для предотвращения дребезжания колодок, они прижимаются к суппорту пружинными элементами различных конструкций. К колодкам приклеены фрикционные накладки. На внутренней поверхности каждого цилиндра проточены канавки, в которых установлены резиновые уплотнительные кольца. Эти кольца не только предотвращают утечку тормозной жидкости из цилиндров, но и обеспечивают (за счет упругости) после торможения отвод поршней от колодок, автоматически поддерживая в необходимых пределах (0,05–0,08 мм) зазор между диском и колодками. Цилиндры закрыты резиновыми пылезащитными чехлами. С внутренней стороны тормоз закрыт кожухом. Некоторые колодки укомплектованы датчиком износа, который при минимально допустимом износе колодки замыкает цепь сигнального устройства, информирующего водителя о необходимости замены колодок.

На рис. 6.13 показан дисковый тормозной механизм, который применяется на автомобилях и прицепах с пневматическим приводом тормозов.

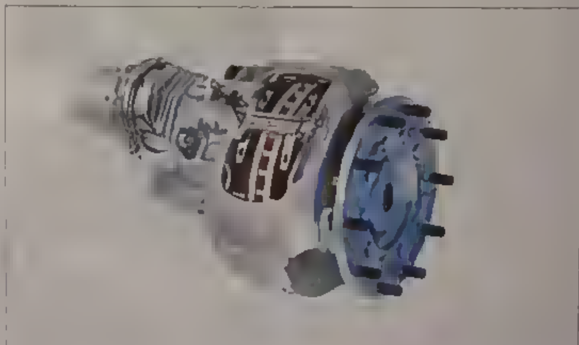


Рис. 6.13. Дисковый тормозной механизм с пневматическим приводом

§ 36

ТОРМОЗНОЙ ПРИВОД

Тормозной привод необходим для управления тормозными механизмами, т. е. для их включения, выключения и изменения режима работы. В настоящее время в тормозных системах применяются механический, гидравлический, пневматический, электрический, вакуумный и смешанный типы приводов. К смешанным относят пневмогидравлический, электропневматический, электрогидравлический, пневмомеханический и, наконец, более сложный — гидропневмогидравлический приводы. Все приводы имеют свои преимущества и недостатки и поэтому применяются в различных тормозных системах на разных типах автотранспортных средств.

Тормозной привод должен обеспечивать легкое, быстрое и одновременное приведение в действие тормозных механизмов. Он должен распределять приводное усилие между механизмами осей или колес в соответствии с изменением вертикальной нагрузки, приходящейся на них. Привод также должен обеспечивать пропорциональность между усилием на педали или рычаге и силами, приводящими тормоз в работу, иметь высокий КПД, быть несложным и надежным в эксплуатации. Наконец, привод должен обеспечивать движение колеса при торможении без полного блокирования.

Механический тормозной привод представляет собой систему тяг, рычагов, тросов, шарниров и т. п., соединяющих тормозную педаль с тормозными механизмами. До середины 1940-х гг. такой привод применялся в рабочей и стояночной тормозных системах. Главное преимущество механического привода — простота и надежность конструкции. В простейшем виде он состоит из тормозной педали, установленной в кабине водителя, соединенной тягами или тросами с разжимным устройством механического типа (см. рис. 6.5) колесных или трансмиссионных тормозов.

С установкой тормозных механизмов на все четыре колеса, вместо использовавшихся ранее двух, механический привод перестал применяться в рабочей системе. Это объяснялось сложностью компоновки привода, а главное — невозможностью достигнуть в эксплуатации одновременного срабатывания всех четырех механизмов и сложностью распределения приводных сил между осями. Тщательные регулировки давали лишь кратковременный эффект. Множество шарнирных соединений и опор в механическом приводе приводило к большим потерям на трение. Этими потерями объясняется низкий КПД механического привода. Если в приводе используются тросы, то необходимы частые регулировки, т.к. тросы вытягиваются. Перечисленные недостатки определяют непригодность механического привода для рабочих тормозных систем современных колесных транспортных средств. Однако из-за неограниченного времени действия при удержании автомобилей и прицепов на уклонах и стоянках привод широко применяется в стояночных тормозных системах.

Обычный механический привод стояночной системы работает следующим образом (рис. 6.14). Для удержания автомобиля на стоянке водитель перемещает рычаг тормоза на себя. Это перемещение через тягу передается на уравнительный рычаг, который вытягивает тросы, проложенные к обоим тормозным механизмам задних колес.

В тормозном механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный одним своим концом с тормозной колодкой, а через планку — с другой колодкой. При вытягивании троса рычаг поворачивается и разводит колодки, прижимая их к барабану. В затянутом положении тяга и тросы удерживаются защелкой, входящей в зубья храпового механизма. Для растормаживания механического привода водитель немного приподнимает рычаг, утапливает в рукоятке кнопку и, удерживая ее в нажатом положении, опускает рычаг вниз. При на

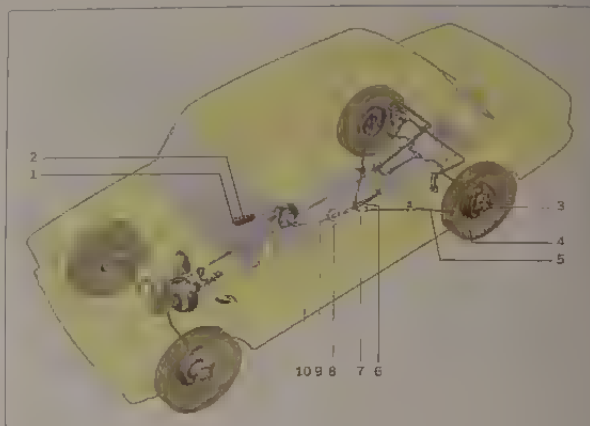


Рис. 6.14. **Механический привод стояночной тормозной системы:** 1 — кнопка рычага привода стояночного тормоза; 2 — рычаг привода стояночного тормоза; 3 — рычаг ручного привода колодок; 4 — задние тормозные колодки; 5 — задний трос; 6 — регулировочная гайка с контргайкой; 7 — уравнитель заднего троса; 8 — направляющий ролик; 9 — передний трос; 10 — упор выключателя сигнализатора включения стояночного тормоза

жатии кнопки фиксирующая защелка выходит из зацепления с зубьями механизма. Уравнительный рычаг обеспечивает подачу к обоим тормозам одинаковых приводных усилий и прижатие их колодок к барабану с одинаковыми силами.

Привод стояночной тормозной системы современных автомобилей и прицепов с энергоаккумулятором относится к пневматическому типу привода.

Энергоаккумулятор представляет собой мощную пружину, установленную внутри цилиндра и воздействующую на поршень со штоком. Поршень поднимается и опускается при изменении давления воздуха в цилиндре, которое водитель осуществляет специальным краном. При отсутствии давления воздуха под поршнем, пружина перемещает его со штоком в крайнее положение, что приводит к раздвиганию колодок клиновым или кулачковым механизмом и к затормаживанию автомобиля на стоянке. Пружина может удерживать автомобиль неограниченно долго. Для растормаживания воздух от крана подается под поршень, который переводится в первоначальное положение, при котором колодки механизма растормаживаются, а пружина сжимается, запасая энергию для последующего торможения.

Гидравлический тормозной привод автомобилей является гидростатическим, т. е. таким, в котором передача энергии осуществляется давлением жидкости. Принцип действия гидростатического привода основан на свойстве несжимаемости жидкости, находящейся в покое, передавать создаваемое в любой точке давление во все другие точки при замкнутом объеме.

Принципиальная схема гидропривода тормозов показана на рис. 6.2. Привод состоит из главного тормозного цилиндра, поршень которого связан с тормозной педалью, колесных цилиндров тормозных механизмов передних и задних колес, трубопроводов и шлангов, соединяющих все цилиндры, педали управления и усилителя приводного усилия. Трубопроводы, внутренние полости главного тормозного и всех колесных цилиндров заполнены тормозной жидкостью. Показанные на рисунке регулятор тормозных сил и модулятор антиблокировочной системы, при их установке на автомобиле, также входят в состав гидропривода.

При нажатии педали поршень главного тормозного цилиндра вытесняет жидкость в трубопроводы и колесные цилиндры. В колесных цилиндрах тормозная жидкость заставляет переместиться все поршни, вследствие чего колодки тормозных механизмов прижимаются к барабанам (или дискам). Когда зазоры между колодками и барабанами (дисками) будут выбраны, вытеснение жидкости из главного тормозного цилиндра в колесные станет невозможным. При дальнейшем увеличении силы нажатия на педаль в приводе увеличивается давление жидкости и начинается одновременное торможение всех колес. Чем большая сила приложена к педали, тем выше давление, создаваемое поршнем главного тормозного цилиндра на жидкость и тем большая сила воздействует через каждый поршень колесного цилиндра на колодку тормозного механизма. Таким образом, одновременное срабатывание всех тормозов и постоянное соотношение между силой на тормозной педали и приводными силами тормозов обеспечиваются самим принципом работы гидропривода. У современных приводов давление жидкости при экстренном торможении может достигать 10—15 МПа.

При отпускании тормозной педали она под действием возвратной пружины перемещается в исходное положение. В исходное положение своей пружиной возвращается также поршень главного тормозного цилиндра, стяжные пружины механизмов отводят колодки от барабанов (дисков). Тормозная жидкость из колесных цилиндров по трубопроводам вытесняется в главный тормозной цилиндр.

Преимуществами гидравлического привода являются быстрота срабатывания (вследствие несжимаемости жидкости и большой жесткости трубопроводов), высокий КПД, т. к. потери энергии связаны в основном с перемещением маловязкой жидкости из одного объема в другой, простота конструкции, небольшие масса и размеры вследствие большого приводного давления, удобство компоновки аппаратов привода и трубопроводов; возможность получения желаемого распределения тормозных усилий между осями автомобиля за счет различных диаметров поршней колесных цилиндров.

Недостатками гидропривода являются: потребность в специальной тормозной жидкости с высокой температурой кипения и низкой температурой загустевания; возможность выхода из строя при разгерметизации вследствие утечки жидкости при повреждении, или выхода из строя при попадании в привод воздуха (образование паровых пробок); значительное снижение КПД при низких температурах (ниже минус 30 °С); трудность использования на автопоездах для непосредственного управления тормозами прицепа.

Для использования в гидроприводах выпускаются специальные жидкости, называемые тормозными. Тормозные жидкости изготавливают на разных основах, например спиртовой, гликолевой или масляной. Их нельзя смешивать между собой из-за ухудшения свойств и образования хлопьев. Во избежание разрушения резиновых деталей тормозные жидкости, полученные из нефтепродуктов, допускается применять только в гидроприводах, в которых уплотнения и шланги выполнены из маслостойкой резины.

Как было сказано выше, для повышения безопасности автомобиля он обязательно оборудуется запасной тормозной системой, которая используется при выходе из строя рабочей системы. При использовании гидропривода он всегда выполняется двухконтурным, причем работоспособность одного контура не зависит от состояния второго. При такой схеме при

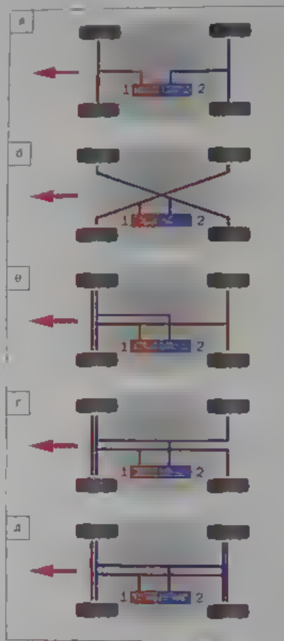


Рис. 6.15. **Способы разделения тормозного привода на два (1 и 2) независимых контура**

единичной неисправности выходит из строя не весь привод, а лишь неисправный контур. Исправный контур играет роль запасной тормозной системы, с помощью которой автомобиль останавливается.

Четыре тормозных механизма и их колесные цилиндры могут быть разнесены на два независимых контура различными способами, как показано на рис. 6.15.

На схеме (рис. 6.15а) в один контур объединены первая секция главного цилиндра и колесные цилиндры передних тормозов. Второй контур образован второй секцией и цилиндрами задних тормозов. Такая схема с осевым разделением контуров применяется, например, на автомобилях УАЗ-3160, ГАЗ-3307. Более эффективной считается диагональная схема разделения контуров (рис. 6.15б), при которой в один контур объединяют колесные цилиндры правого переднего и левого заднего тормозов, а во второй контур — колесные цилиндры двух других тормозных механизмов (ВАЗ-2112). При такой схеме в случае неисправности всегда можно затормозить одно переднее и одно заднее колесо.

В остальных схемах, представленных на рис. 6.15, после отказа сохраняют работоспособность три или все четыре тормозных механизма, что еще больше повышает эффективность запасной системы. Так, гидропривод тормозов автомобиля Москвич-21412 (рис. 6.15в) выполнен с использованием двухпоршневого суппорта дискового механизма на передних колесах с большим и малым поршнями. Как видно из схемы, при отказе одного из контуров исправный контур запасной системы действует либо только на большие поршни суппорта переднего тормоза, либо на задние цилиндры и малые поршни переднего тормоза. В схеме (рис. 6.15г) исправным всегда остается один из контуров, объединяющий колесные цилиндры двух передних тормозов и одного заднего (автомобиль Volvo). Наконец, на рис. 6.15д показана схема с полным дублированием (ЗИЛ-41045), в которой любой из контуров осуществляет торможение всех колес. В любой схеме обязательным является наличие двух независимых главных тормозных цилиндров. Конструктивно чаще всего это бывает сдвоенный главный цилиндр тандемного типа, с последовательно расположенными независимыми цилиндрами в одном корпусе и приводом от педали одним штоком. Но на некоторых автомобилях применяют два обычных главных цилиндра, установленных параллельно с приводом от педали через уравнительный рычаг и два штока.

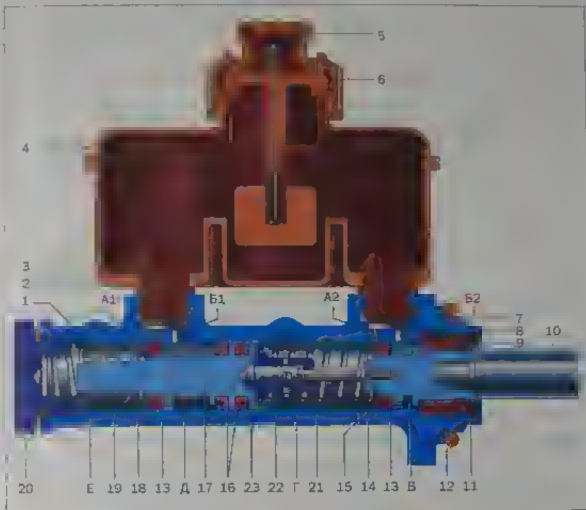


Рис. 6.16. **Главный тормозной цилиндр типа тандем:** А1, А2 — компенсационные отверстия; Б1, Б2 — перепускные отверстия; В, Г, Д, Е — полости; 1 — корпус; 2 — трубка; 3 — соединительная втулка; 4 — бачок; 5 — защитный колпачок; 6 — датчик сигнализатора аварийного падения уровня тормозной жидкости; 7 — упорное кольцо; 8 — наружная манжета; 9 — направляющая втулка; 10, 17 — поршни; 11 — стопорное кольцо; 12 — уплотнительное кольцо; 13 — шайба поршня; 14, 16 — манжеты; 15, 18 — упорные шайбы; 19 — пружина; 20 — пробка; 21 — болт держателя пружины; 22 — держатель пружины; 23 — пружина

Главный тормозной цилиндр типа тандем показан на рис. 6.16.

В корпусе друг за другом (тандемно) размещены два поршня. В первый поршень упирается шток усилителя тормозов, второй поршень установлен свободно. Поршни уплотняются в цилиндре двумя резиновыми кольцами. В исходном расторможенном положении поршни прижимаются к ограничителям возвратными пружинами. На верхней части главного цилиндра через резиновые втулки закреплен бачок с запасом тормозной жидкости. Бачок внутри разделен перегородкой на два объема, соединенные каналами с полостями соответствующих секций главного цилиндра. Стенки бачка прозрачные, на них выполнены метки, по которым осуществляется визуальный контроль за уровнем жидкости в бачке. В крышке бачка имеется датчик аварийного уровня поплавкового типа. При падении уровня жидкости ниже определенного уровня на приборном щитке автомобиля загорается сигнальная лампа. Бачок служит для пополнения жидкости в гидроприводе в случае небольших утечек.

При торможении шток усилителя тормозов перемещает первый поршень, который при этом в полости перед поршнем и в соединенном с ней трубопроводом контуре системы создает давление жидкости. Это же давление воздействует на второй поршень, который, перемещаясь, создает давление во втором контуре.

Если в результате повреждения привода произойдет утечка жидкости из контура переднего поршня, то при нажатии тормозной педали первый поршень совершит большее перемещение и войдет в контакт со свободным поршнем. В камере свободного поршня будет создано давление жидкости, которое приведет в действие тормоза исправного контура. В случае утечки жидкости из контура свободного поршня при нажатии тормозной педали он упирается в ограничитель, в результате чего обеспечивается создание избыточного давления жидкости в камере первого поршня и в соответствующем контуре привода.

Для снижения усилия, прилагаемого водителем на тормозную педаль, в гидравлическом приводе получили распространение специальные устройства — **усилители**. Усилители, устанавливаемые в гидравлический привод в качестве постороннего источника энергии, позволяют использовать энергию сжатого воздуха (пневмоусилители); разрежение, образующееся во впускном трубопроводе работающего двигателя или создаваемое вакуумным насосом (вакуумные усилители); или энергию давления рабочей жидкости, создаваемого насосом высокого давления (гидроусилители). В последнее время также разработаны конструкции электроусилителей. Усилители значительно облегчают тормозное управление. Неработающий усилитель не препятствует штатному торможению автомобиля от педали.

На рис. 6.17 изображены схемы гидропривода тормозов с вакуумным и пневматическим (гидравлическим) усилителями.

Также встречаются усилители гидровакуумного типа, которые по принципу действия являются разновидностью усилителей вакуумного типа. В отличие от вакуумных, которые всегда установлены между тормозной педалью и главным цилиндром, гидровакуумные усилители могут размещаться в любом месте, что облегчает их компоновку на автомобиле.

Наибольшее распространение получил вакуумный усилитель (рис. 6.17а). Он имеет камеру, разделенную резиновой диафрагмой на две полости: вакуумную Б и атмосферную А. Вакуумная полость Б соединена трубопроводом с источником разрежения, и давление в ней ниже атмосферного. Атмосферная полость А через следящий клапан соединяется либо с вакуумной камерой в расторможенном состоянии, либо с атмосферой при торможении. Диафрагма с одной стороны соединена со штоком для привода поршня главного цилиндра, а с другой стороны через следящий клапан в нее упирается толкатель от тормозной педали. В исходном положении давление в обеих камерах усилителя одинаковое и равно давлению источника разрежения. Имеется возвратная пружина, которая отводит в первоначальное положение диафрагму со штоком от поршня главного цилиндра.

При нажатии педали тормоза усилие от нее передается через толкатель к следящему клапану усилителя, который сначала закрывает вакуумное отверстие и отсоединяет атмосферную камеру А от источника разрежения, а затем соединяет ее через открывшееся атмосферное отверстие клапана с атмосферой. Давление в полостях А и Б оказывается различным, в результате диафрагма перемещается в сторону меньшего давления, а на ее штоке появляется сила, которая суммируется с усилием толкателя педали и перемещает поршень главного цилиндра. Усилитель устроен таким образом, что дополнительное усилие всегда пропорционально усилию на толкателе. Чем сильнее водитель воздействует на педаль, тем эффективнее работа усилителя. Максимальное дополнительное усилие в 3–5 раз превосходит усилие ноги водителя. Его дальнейшее увеличение возможно только за счет увеличения числа камер или диаметра диафрагмы.

При растормаживании атмосферная камера А через следящий клапан вновь соединяется с источником разрежения, давление в камерах А и Б выравнивается, диафрагма возвращается в исходное положение.

а

Воздух (поступает в заднюю камеру)

Воздух

Воздух

Вакуум (разрежение)

Б А

1

5 6

Вакуум из впускного коллектора

2 3 4

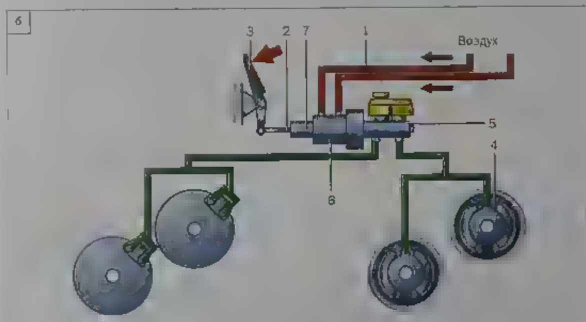


Рис. 6.17. **Схемы гидропривода тормозов с вакуумным усилителем (а)**: А — атмосферная полость, Б — вакуумная полость. 1 — бачок главного тормозного цилиндра; 2 — запорный клапан; 3 — вакуумная камера; 4 — диафрагма; 5 — воздушный фильтр; 6 — шток педали тормоза; **с пневматическим (гидравлическим) усилителем (б)**: 1 — подвод воздуха; 2 — шток; 3 — педаль; 4 — тормозные механизмы; 5 — главный цилиндр; 6 — силовой цилиндр; 7 — следящий клапан (распределитель)

В цепь, соединяющей вакуумную камеру Б с источником разрежения, устанавливают обратный клапан. Он разъединяет усилитель и источник разрежения при остановке двигателя или отказе вакуумного насоса. Вследствие этого в камере усилителя поддерживается разрежение, которое позволяет произвести 3...4 эффективных торможения даже при неработающем двигателе или насосе.

Пневматический усилитель (рис. 6.17б) имеет баллон с запасом сжатого воздуха, следящий клапан и силовой цилиндр с поршнем или диафрагмой. Шток силового цилиндра приводит в движение поршни главного тормозного цилиндра. При торможении толкатель педали воздействует на шток, который передает усилие одновременно на шток силового цилиндра и на следящий клапан. Последний открывается и пропускает воздух под давлением из баллона в полость силового цилиндра. Гидравлический усилитель имеет гидронасос, бачок с запасом рабочей жидкости, следящий распределитель, соединенный со штоком и поршнем силового цилиндра. Как и в пневмоусилителе, шток силового цилиндра воздействует на поршень главного тормозного цилиндра. Иногда поршень силового цилиндра отсутствует и его функции выполняет непосредственно поршень главного цилиндра.

Если торможение не осуществляется, нагнетаемая насосом жидкость проходит через каналы распределителя и сливается обратно в бачок. При нажатии педали в распределителе перекрывается слив жидкости в бачок и открывается его проход в полость силового цилиндра. Усилия на штоке от педали и от давления жидкости на поршень силового цилиндра складываются и передаются на поршень главного тормозного цилиндра.

При торможении происходит динамическое перераспределение воздействующих на переднюю и заднюю оси нагрузок, заключающееся в увеличении доли общей нагрузки на передние колеса и уменьшении на задние. Это может часто приводить к тому, что тормозные силы на задних колесах превышают силы сцепления шин с дорогой, в результате чего происходит блокировка и скольжение колес. Наличие регулятора давления снижает вероятность этого явления.

Регулятор тормозных сил автомобиля автоматически изменяет давление жидкости в приводе задних тормозов в зависимости от нагрузки на заднюю ось. При этом ограничивается возрастание тормозных сил на задних колесах при частичной загрузке автомобиля с целью установить желаемую очередность блокирования колес. Для предотвращения заноса автомобиля при торможении желательна следующая очередность блокирования колес: сначала передние, а затем задние. Уменьшение возможности блокировки задних колес повышает безопасность движения.

Степень снижения давления в контуре задних колес относительно передних устанавливают пропорционально величине загрузки автомобиля, которую определяют по загрузке задней подвески. Но полностью защитить колеса от блокировки и скольжения регулятор тормозных сил все-таки не может.

Существует еще одна разновидность гидравлического тормозного привода, который называется гидропривод высокого давления или насосно-аккумуляторный привод. Такой привод применяется, например, на карьерных самосвалах БелАЗ. Воздействуя на тормозную педаль в этом приводе, водитель не создает давление в цилиндрах тормозов, а лишь гидравлически открывает или закрывает клапаны двухсекционного следящего гидрокрана высокого давления. В свою очередь, эти секции подключены к гидроаккумуляторам с запасом рабочей жидкости под большим давлением и к тормозным камерам. Если торможения не происходит, секции гидрокрана не пропускают жидкость в тормозные цилиндры. Когда нажимается педаль тормоза, срабатывает главный цилиндр тандемного типа, жидкость от него поступает на управление секциями крана, которые, в свою очередь, открываются и пропускают жидкость из гидроаккумулятора к тормозным механизмам.

Отдельной разновидностью гидравлического и механического привода являются тормоза наката (рис. 6.18), использующиеся на легких автомобильных прицепах (полной массой до 3,5 т).

Тормоз наката с гидроприводом работает следующим образом.

Когда автопоезд движется без торможения, тягач буксирует за собой прицеп за шток тормоза, который упирается в ограничитель хода. При движении накатом, под уклон или по неровной дороге в сцепке могут возникать небольшие усилия сжатия, вследствие того что тягач движется медленнее прицепа. Однако они не вызывают торможения прицепа, т. к. не превосходят усилия ограничительной пружины. При торможении тягача прицеп сильнее накатывается на тягач, усилие в сцепке становится больше усилия пружины и шток смещается в сторону главного цилиндра. Величина перемещения увеличивается за счет специального рычага и передается на поршень главного тормозного цилиндра, в котором создается давление жидкости. Увеличение давления приводит к срабатыванию тормозных механизмов и затормаживанию прицепа. Прицеп тормозится до тех пор, пока тормозит тягач и в сцепке есть сила сжатия. Если тягач продолжает движение без торможения, то сила сжатия исчезает, шток перемещается в направляющей в сторону тягача и упирается в ограничитель. Давление жидкости в гидроприводе исчезает, и прицеп растормаживается. Электроклапан необходим для движения автопоезда задним ходом. Возникающая при этом сила сжатия между тягачом и прицепом не приводит к торможению последнего, т. к. одновременно с включением заднего хода в трансмиссии ток поступает к фонарям заднего хода, а от них — на электроклапан, который при своем срабатывании перекрывает пропуск рабочей жидкости от главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам.

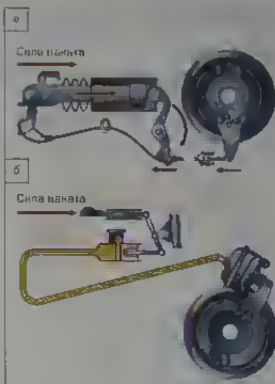


Рис. 6.18. **Схемы тормоза наката: а — с механическим приводом; б — с гидроприводом**

Механический привод тормоза наката работает по аналогичному принципу. Перемещение штока приводит к вытягиванию тросов или перемещению тяг, соединенных с разжимным устройством тормозов. Блокировка штока при движении задним ходом выполняется специальным электромеханическим устройством.

Пневматический тормозной привод для затормаживания автомобиля или прицепа использует сжатый воздух.

Преимущества и недостатки пневматического привода во многом противоположны гидравлическому приводу. Так, к преимуществам относят неограниченные запасы и дешевизну рабочего тела (воздух), сохранение работоспособности при небольшой разгерметизации, т. к. возможная утечка компенсируется подачей воздуха от компрессора, возможность использования на автопоездах для непосредственного управления тормозами прицепа, использование в других устройствах, таких как пневматический звуковой сигнал, привод переключения многоступенчатых коробок передач, усилитель сцепления, привод дверей автобуса, подкачка шин и т. п.

Недостатками пневмопривода являются: большое время срабатывания вследствие медленного поступления сжатого воздуха к удаленным воздухонаполняемым объемам через трубопроводы с малым диаметром, сложность конструкции, большие масса и размеры агрегатов из-за

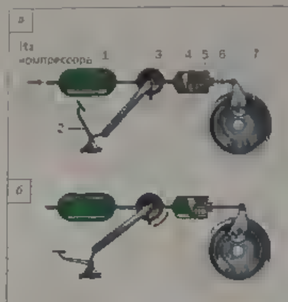


Рис. 6.19. **Простейший пневматический тормозной привод автомобиля:** 1 — ресивер; 2 — педаль; 3 — кран; 4 — тормозной цилиндр; 5 — пружина; 6 — шток тормозного механизма; 7 — тормозная колодка

относительно небольшого рабочего давления, возможность выхода из строя при замерзании конденсата в трубопроводах и аппаратах при отрицательных температурах.

Простейший пневматический тормозной привод автомобиля (рис. 6.19а) состоит из ресивера, в который подается сжатый воздух из компрессора, крана, приводимого в действие от педали, и тормозной камеры, шток которой связан с разжимным кулаком тормозного механизма.

При торможении поворотная пробка крана соединяет внутреннюю полость тормозной камеры с ресивером и сжатый воздух, воздействующий на диафрагму, приводит в работу тормозной механизм (рис. 6.19б). Давление воздуха в тормозной камере устанавливается такое же, как в ресивере. При повороте пробки крана в другое положение (рис. 6.19а) сжатый воздух выходит из камеры в атмосферу. Разжимной кулак возвращается в первоначальное положение и происходит растормаживание.

Реальный пневматический привод современного автомобиля намного сложнее. Принципиальная схема пневматического привода тормозов грузового автомобиля и прицепа показана на рис. 6.20.

Привод тягача содержит аппараты подготовки воздуха, аппараты контуров рабочей, стояночной и запасной систем тягача, аппараты управления тормозами прицепа. Привод прицепа включает аппараты рабочей и стояночной систем.

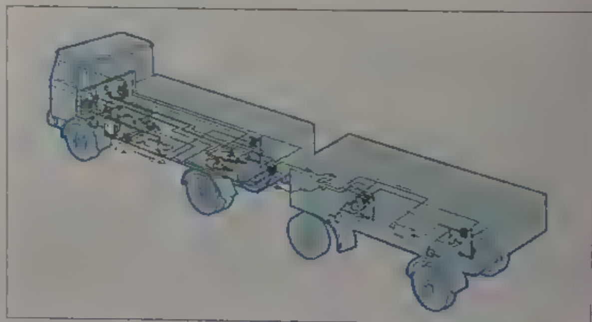


Рис. 6.20. **Принципиальная схема пневматического привода тормозов грузового автомобиля и прицепа**

Воздух от компрессора поступает через регулятор давления, влагоотделитель к четырехконтурному защитному клапану (все эти устройства составляют систему подготовки воздуха). Тормозная система выполнена многоконтурной. К контуру привода передних тормозных механизмов относятся: ресивер с запасом воздуха, одна из секций тормозного крана, модуляторы антиблокировочной системы (АБС) и тормозные камеры передних тормозных механизмов. К контуру задних тормозных механизмов принадлежит второй ресивер, вторая секция тормозного крана, регулятор тормозных сил, модуляторы АБС и две тормозные камеры с пружинными энергоаккумуляторами. На трехосных автомобилях тормозные камеры задних осей обычно входят в состав заднего контура. На многоосных автомобилях тормозные камеры группируются в контуры различными вариантами, например, 1–2 и 3–4 оси или 1–3 и 2–4 оси. Третий контур является контуром стояночной системы и состоит из ресивера, тормозного крана со следящим действием, которым управляет водитель, ускорительного клапана и энергоаккумуляторов. Контур вспомогательной системы содержит кран управления и два пневмоцилиндра. Для управления тормозами прицепа на автомобиле-тягаче также имеются одинарный защитный клапан, клапан управления тормозами прицепа и соединительные головки.

Привод полуприцепа или прицепа имеет две соединительные головки, два магистральных фильтра, воздухораспределительный клапан, ручной кран стояночной системы без следящего действия, ресивер, регулятор тормозных сил, модуляторы АБС, тормозные камеры с энергоаккумуляторами или без них. Соединение пневмопривода тягача и прицепа выполняют двумя трубопроводами, которые образуют питающую и управляющую магистрали. Реальная схема конкретного автомобиля может отличаться от рассмотренной наличием или отсутствием дополнительных приборов.

Сжатие воздуха для пневматического тормозного привода осуществляется компрессором, приводящимся в действие непосредственно от двигателя автомобиля. Максимальное давление, создаваемое компрессором, может достигать 1,5 МПа. Максимальное рабочее избыточное давление воздуха в ресиверах привода составляет 0,65–0,8 МПа и автоматически ограничивается регулятором давления.

Атмосферный воздух имеет определенный процент влажности. При сжатии компрессором он нагревается, а при движении по трубопроводам и через аппараты привода — остывает. При этом из сжатого воздуха выделяется влага, которая ускоряет коррозию внутренних поверхностей системы, смывает смазку и, главное, может замерзнуть в трубопроводах и аппаратах при отрицательной температуре, что приводит к отказу тормозов. Для удаления влаги (очистки воздуха) в питающей части привода, до или после регулятора давления, устанавливают влагоотделители. Очистка сжатого воздуха от влаги в них осуществляется термодинамическим или адсорбционным способом. Третий способ защиты — перевод конденсата в состояние низкозамерзающей жидкости. Для этого в специальном аппарате — спиртонасытителе — при низких температурах окружающей среды в сжатый воздух вводят пары спирта, которые, смешиваясь с выделившейся влагой, образуют раствор (антифриз) с низкой температурой замерзания.

Четырехконтурный защитный клапан разделяет привод на четыре, действующих независимо друг от друга контура. Защитный клапан позволяет двигаться воздуху только в одном направлении и сохраняет запас воздуха в ресиверах при разгерметизации на участке аппаратов подготовки воздуха. Одновременно он защищает исправные контуры от неисправного в случае обрыва в одном из них, не позволяя выйти воздуху в атмосферу сразу из всех ресиверов привода. Одинарный защитный клапан отключает привод тягача в случае разрыва питающего трубопровода прицепа. На некоторых автомобилях вместо четырехконтурного применяют двойные или тройные защитные клапаны аналогичного назначения. Пройдя через четырехконтурный клапан, сжатый воздух заполняет ресиверы контуров.

Работой любого контура рабочей системы управляет одна секция тормозного крана. Тормозной кран — это следящий аппарат, через который воздух при торможении поступает из ресиверов в рабочие аппараты. Он управляется тормозной педалью в кабине водителя. При растормаживании через тормозной кран воздух из привода выпускается в атмосферу.

Регулятор тормозных сил и модулятор АБС корректируют давление воздуха в контурах при торможении.

Стояночной тормозной системой управляют с помощью ручного тормозного крана, установленного в кабине водителя. Исполнительным элементом контура являются энергоаккумуляторы. Между краном и энергоаккумулятором размещен ускорительный клапан. Тормозной кран уменьшает или увеличивает давление в полости ускорительного клапана, который в соответствии с этим либо пропускает из ресивера воздух в цилиндр энергоаккумулятора, а значит, повышает в нем давление, либо для снижения давления в цилиндре выпускает воздух из него в атмосферу. Чтобы обеспечить быстрый выпуск воздуха из энергоаккумуляторов при торможении ускорительный клапан располагают максимально близко от них. Два крайних, фиксированных, положения рукоятки соответствуют максимальному избыточному давлению воздуха в энергоаккумуляторах или атмосферному. При промежуточных положениях рукоятки давление также может принимать любое промежуточное значение, что позволяет использовать данный контур в качестве контура запасной тормозной системы и производить плавное торможение.

Контур вспомогательной системы позволяет включать в работу моторный тормоз — замедлитель. При нажатии кнопки крана воздух поступает в пневмоцилиндры контура, а при отпускании — выходит в атмосферу. Из-за малого расхода воздуха этот контур не имеет собственного ресивера.

Магистраль, питающая ресивер прицепа сжатым воздухом (питающая магистраль), начинается от одинарного защитного клапана, а управляющая процессом торможения прицепа — от клапана управления тормозами прицепа. Подача сжатого воздуха в ресивер прицепа производится постоянно, независимо от того, происходит торможение тягача или нет. Управляющая магистраль используется для подачи команды на прицеп о начале торможения и его интенсивности. Команда подается путем изменения давления воздуха в управляющем трубопроводе. Чем больше давление в трубопроводе, тем интенсивнее тормозится прицеп. Максимальной интенсивности торможения соответствует максимальное давление в магистрали, при расторможенном состоянии полуприцепа избыточное давление в магистрали отсутствует. Давление в управляющей магистрали изменяется с помощью клапана управления тормозами прицепа. Он соединен с обоими контурами рабочей системы через контур стояночной системы. При торможении рабочей системой тягача воздух от обоих контуров поступает в клапан, который срабатывает и увеличивает давление в управляющей магистрали. Если выходит из строя один из рабочих контуров, торможение прицепа осуществляется по команде от исправного контура. При торможении стояночной системой тягача уменьшение давления в ее контуре приводит к срабатыванию клапана, и также осуществляется торможение прицепа. Помимо штатного режима торможения клапан обеспечивает аварийное управление тормозами прицепа при разрыве питающей магистрали. Для этого он снабжен специальным устройством обрыва, который уменьшает давление в питающей магистрали, если командное давление от контуров тягача на вход аппарата поступает, а давление на выходе аппарата не увеличивается.

Для управления торможением прицепа его воздухораспределитель соединен с управляющей и питающей магистралями, с ресивером и тормозными камерами. По своим функциям воздухораспределительный клапан прицепа аналогичен тормозному крану на тягаче, но управляется он не педалью, а командным давлением воздуха, поступающим от тягача. В расторможенном состоянии воздух по питающей магистрали через воздухораспределитель за-

полнен ресивер прицепа, при этом давление в управляющей магистрали отсутствует. Максимальное давление воздуха в ресивере прицепа равно максимальному давлению в ресиверах автомобиля.

При торможении тягача с помощью рабочей или стояночной тормозной системы давление в управляющей магистрали увеличивается, что приводит к срабатыванию воздухораспределителя, который подает воздух из ресивера прицепа в тормозные камеры. Когда давление в управляющей магистрали снимается, прицеп растормаживается. Кроме того, торможение прицепа происходит всегда при уменьшении давления воздуха в питающем трубопроводе ниже 0,48 МПа, что может происходить при обычной расцепке тягача от прицепа на стоянке или при срабатывании клапана обрыва на тягаче. Такое затормаживание остановит прицеп при его полном отрыве от тягача во время движения. Растормаживание осуществляется или автоматически при последующем увеличении давления свыше 0,48 МПа, или вручную — специальной кнопкой на воздухораспределителе. Регулятор тормозных сил и модулятор АБС предназначены для корректирования давления воздуха, поступающего от воздухораспределителя к тормозным камерам. Схема работы и устройство модуляторов АБС будет описано ниже.

Торможение прицепа стояночной системой производится краном, который выпускает воздух из энергоаккумуляторов тормозов прицепа.

Некоторые прицепы могут снабжаться электромагнитным клапаном, который служит для включения тормозной системы прицепа при торможении автомобиля вспомогательной тормозной системой (моторным тормозом-замедлителем). При подаче электросигнала электромагнитному клапану от тягача он обеспечивает поступление сжатого воздуха из ресивера к тормозным камерам.

Смешанные тормозные приводы представляют собой комбинацию нескольких типов обычных приводов. При их разработке стремятся максимально использовать преимущества отдельных приводов и избежать недостатков, присущих им каждому в отдельности.

Этот привод позволяет получить высокое быстродействие, присущее гидравлическому приводу, и бо́льшие усилия, характерные для пневматического привода. Помимо этого гидравлическая часть смешанного тормозного привода обеспечивает одновременное начало торможения всех колес автомобиля и обладает другими достоинствами, свойственными гидравлическим тормозным приводам, а пневматическая часть — легкость управления и позволяет создавать и управлять тормозными усилиями на буксируемом прицепе.

Смешанный электропневматический тормозной привод (ЭПП) получил распространение сравнительно недавно. Он представляет собой комбинацию электрического и пневматического приводов (рис. 6.21). Если в пневмоприводе затормаживание колес и управление аппаратами осуществляется сжатым воздухом, то в ЭПП воздух используют только в первом случае. Управление всеми аппаратами осуществляется электрическим путем.

Преимуществами электропневмопривода являются: уменьшение времени срабатывания особенно удаленных осей прицепа или полуприцепа, уменьшение тормозного пути, оптимальное распределение тормозных сил между передними и задними колесами автомобиля, уменьшение сжимающих усилий в сцепке автопоезда за счет одновременности срабатывания тормозов на всех звеньях автопоезда; увеличение устойчивости автопоезда (снижение риска складывания); непрерывный контроль за исправностью элементов привода, осуществляемый бортовой диагностикой, возможность дальнейшей автоматизации управления движением автомобиля за счет использования электронного управления тормозами, упрощение привода по сравнению с пневматическим, за счет объединения функций нескольких аппаратов в одном.

ЭПП начал развиваться с простого использования электроклапана без следящего действия для подачи воздуха в тормозные камеры пневмопривода с целью ускорения срабатывания. Впоследствии были разработаны специальные комбинированные тормозные аппара

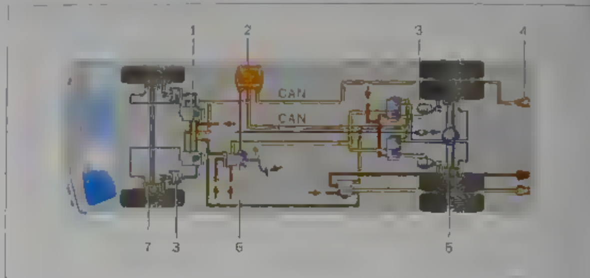


Рис. 6.21 **Схема электропневматического привода автомобиля-тягача:** 1 — модулятор ЭПП с датчиком давления воздуха; 2 — блок управления; 3 — тормозная камера; 4 — электрический разъем ЭПП; 5 — датчик АБС/ПБС; 6 — комбинированный электропневматический тормозной кран; 7 — датчик АБС

ты, получившие управление от электронного блока управления. В таком виде электропневматический привод начал серийно применяться на тяжелых автомобилях и прицепах с середины 90-х гг. Он устанавливается только в рабочей тормозной системе.

При использовании электрического сигнала в цепи управления приводом всегда имеется опасность нарушения контактов, сбоя в работе компьютера или механического повреждения проводников. Это приводит к полному выходу тормозного привода из строя и поэтому любая схема современного ЭПП предусматривает выполнение одного или нескольких контуров тягача и управление прицепом с параллельным дублированием традиционным пневматическим приводом. При выходе из строя ЭПП торможение автомобиля с эффективностью запасной системы может быть реализовано этим сохраненным участком пневматического привода.

Аппараты подготовки воздуха не отличаются от применяемых в пневматическом приводе. В исполнительной пневматической части ЭПП имеет независимые пневматические контуры с собственными ресиверами, комбинированный тормозной кран, осевой модулятор, следящий электроклапан, клапан пневматического дублирования, комбинированный клапан управления тормозами прицепа. Помимо них использованы традиционные аппараты пневмопривода в стояночной и вспомогательной (на схеме не показана) системах, включая тормозные камеры и модуляторы АБС на передней оси.

Управляющая электрическая часть привода содержит источник тока, электронный блок управления, набор датчиков давления, усилия или перемещения воздуха и электроклапанов, встроенных в аппараты ЭПП, унифицированный для всех автомобилей электрический разъем для подачи команд на прицеп. Дополнительно используются датчики давления воздуха в пневмоподвеске и некоторые другие. Блок управления ЭПП может обмениваться информацией с другими бортовыми электронными системами управления. Естественно, как и другие типы приводов, ЭПП должен обладать следящим действием.

При нажатии тормозной педали датчик перемещения подает в блок управления пропорциональный сигнал о необходимом давлении воздуха в тормозных камерах. Блок управления обрабатывает этот сигнал, корректирует его в зависимости от степени загрузки передней и задней оси и подает команды на электроклапаны осевого модулятора и следящего

электроклапана. Электроклапаны открываются, и воздух из ресиверов заполняет тормозные камеры. Одновременно датчики давления аппаратов подают сигнал обратной связи в блок управления о величине давления воздуха на выходе аппаратов. Когда требуемая величина давления будет достигнута, блок управления подаст команду электроклапанам на удержание данного давления. Если педаль будет отпущена, то с электроклапанов снимается напряжение, воздух из тормозных камер выходит в атмосферу и торможение прекращается. Точно так же работает комбинированный клапан управления тормозами прицепа, изменяя давление воздуха в управляющей магистрали.

§ 37

АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

При экстренном торможении (особенно на мокром дорожном покрытии) значительное усилие на педаль тормоза может привести к блокировке колес. Сцепление шин с дорожным покрытием в этом случае резко ослабевает и управляемость падает с возникновением заноса. Это связано с тем, что при блокировке колеса весь запас по сцеплению колеса с дорогой используется в продольном направлении и оно перестает воспринимать боковые силы, которые удерживают автомобиль на заданной траектории (рис. 6.22).

Торможение колеса без блокировки позволяет реализовывать как продольные силы F_U в контакте колеса с дорогой (торможение), так и поперечные F_S (управляемость, устойчивость). Кроме того, как было отмечено выше, катящееся колесо имеет бо́льший запас по сцеплению, чем заблокированное.

Первые патенты на антиблокировочные системы (АБС) появились в конце 20-х гг. Однако лишь в 1969 г. началась серийная установка антиблокировочной системы (АБС) тормозов на легковом автомобиле, а впоследствии и на грузовом.

Применение АБС способствовало:

— повышению активной безопасности автомобиля, т. е. повышению тормозной эффективности (особенно на скользких поверхностях), улучшению устойчивости и управляемости;
— увеличению средней скорости движения;
— продлению срока службы шин.

По существующим международным нормам сегодня в обязательном порядке должны оборудоваться антиблокировочной системой следующие транспортные средства:

— грузовые автомобили весом более 3,5 т;
— автобусы весом более 5 т;
— прицепы и полуприцепы весом более 5 т.

Другие автотранспортные средства, в т. ч. легковые автомобили оборудуются АБС по желанию покупателя или по инициативе фирм-изготовителей автомобилей. Следует отметить, что для большинства современных легковых автомобилей АБС уже стала штатным оборудованием.

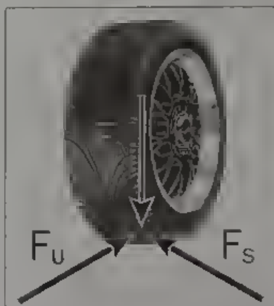


Рис. 6.22. Силы, действующие в контакте колеса с дорогой

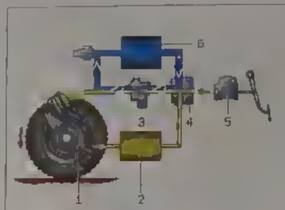


Рис. 6.23. **Схема электронной АБС:** 1 — датчик; 2 — замер скорости; 3 — модулятор; 4 — блок управления; 5 — тормозной цилиндр, 6 — замер давления

Существующие конструкции АБС имеют различный уровень технического совершенства, поэтому их разделили на три категории (1, 2, 3) для автомобилей, на две (А, Б) — для прицепов и предъявляют к ним различные требования, допускают к установке на конкретные типы автомобилей. Так, например, междугородные и туристические автобусы могут оснащаться только самыми совершенными АБС категории 1. На других типах ТС могут применяться относительно дешевые и простые АБС, устанавливаемые, например, только на задней оси.

АБС должна обеспечивать.

- минимальный тормозной путь (не менее 75 % от максимально возможного);
- устойчивость при торможении,
- сохранение управляемости при торможении;
- приспособляемость к изменяющимся внешним условиям, например сцеплению на сухой, мокрой и скользкой дороге (адаптивность);
- плавное торможение, без рывков,
- возможность торможения при выходе из строя АБС;
- минимальный расход рабочего тела,
- минимальное потребление электроэнергии;
- помехоустойчивость по отношению к внешним магнитным полям;
- сигнализацию при выходе из строя АБС, диагностику неисправности;
- общие требования (надежность, низкая стоимость и т. п.).

В состав электронной антиблокировочной системы входят (рис. 6.23):

- датчики (угловой скорости колеса, замедления и т. д.),
- электронный блок управления, получающий информацию от датчиков, обрабатывающий ее и подающий сигналы на исполнительные механизмы и сигнальную лампу;
- исполнительные механизмы (модуляторы давления рабочего тела).

Для поддержания требуемого проскальзывания (пробуксовки) колес необходимо знать значения линейной скорости автомобиля в каждый момент времени, угловую скорость тормозящего колеса, рассчитывать скольжение и управлять модуляторами, установленными в тормозном приводе. С помощью модуляторов изменяют тормозное давление, поступающее к тормозным камерам или рабочим цилиндрам и тем самым регулируют тормозные силы на колесах.

Угловую скорость колеса определяют датчиками, установленными в ступице колеса, или, реже, в главной передаче. Датчик состоит из ротора в виде зубчатого диска (или перфорированного кольца), закрепленного на колесе, и катушки индуктивности, установленной неподвижно с некоторым зазором относительно зубцов диска.

Линейную скорость автомобиля чаще всего определяют косвенным путем — перерасчетом значений, полученных от датчиков угловой скорости колес. Иногда, например, на полноприводных автомобилях линейную скорость рассчитывают по значению замедления в продольном направлении, определяемому с помощью датчика замедления. При достижении величины заданного относительного скольжения (порогового значения) блок управления подает соответствующую команду исполнительному механизму.

Существуют различные принципы регулирования: по величине замедления тормозящего колеса, по заданной величине угловой скорости тормозящего колеса; по заданной величине относительного скольжения; по давлению рабочего тела и т. д.

В подавляющем большинстве случаев для выполнения всех требований по адаптивности применяется регулирование тормозящего колеса по его замедлению и скольжению.

Исполнительные механизмы (модуляторы) АБС могут иметь различное устройство: клапанное, золотниковое, диафрагменное, смешанное. Модуляторы по командам блока управления изменяют давление рабочего тела в тормозных камерах или цилиндрах.

Различают модуляторы, работающие по двухфазовому (увеличение-сброс давления) и трехфазовому (сброс-выдержка-увеличение давления) рабочим циклам. Современные модуляторы часто имеют усложненный рабочий цикл. Например, фаза увеличения или уменьшения давления состоит из нескольких этапов, отличающихся темпом изменения давления. От частоты, с которой модулятор может осуществлять рабочий цикл, зависит качество работы АБС. Трехфазовый модулятор обеспечивает несколько меньший расход рабочего тела.

Схемы установки АБС. Тормозная динамика автомобиля в большой степени зависит от схемы установки элементов АБС на автомобиле и выбранного принципа регулирования.

Наиболее распространены следующие принципы регулирования скольжения колес:

— индивидуальное регулирование скольжения каждого колеса в отдельности (Individual Regelung) — IR;
— «низкопороговое» регулирование, т. е. регулирование, предусматривающее подачу команд на растормаживание и затормаживание обоих колес оси одновременно по сигналу датчика колеса, находящегося в худших по сцеплению условиях, — «слабого» колеса (Select Low) — SL;
— «высокопороговое» регулирование колес одной оси, когда сигнал подается датчиком «сильного» колеса, т. е. находящегося в лучших по сцеплению условиях (Select High) — SH;
— модифицированное индивидуальное регулирование — Modifizierte Individual Regelung (MIR) представляет собой компромиссное регулирование между SL и IR. Смысл MIR заключается в том, что вначале регулирование осуществляется по «низкопороговому», а затем постепенно происходит переход к индивидуальному регулированию. MIR целесообразно использовать при торможении на опорной поверхности с различным сцеплением под левым и правым колесами, а также на повороте и поперечном уклоне.

Индивидуальное регулирование является оптимальным с точки зрения обеспечения наилучшей тормозной эффективности (минимального тормозного пути). Для этой цели на каждом колесе размещается датчик частоты вращения и модулятор давления и их параметры регулируются отдельным каналом управления в электронном блоке. Индивидуальное регулирование дает возможность получить оптимальный тормозной момент на каждом колесе в соответствии со сцепными условиями и, как следствие, минимальный тормозной путь. Однако если колеса одной оси будут находиться в неодинаковых сцепных условиях, то тормозные силы на них также будут неодинаковыми.

В этом случае возникает разворачивающий момент, приводящий к потере устойчивости (рис. 6.24). Управляемость автомоби-

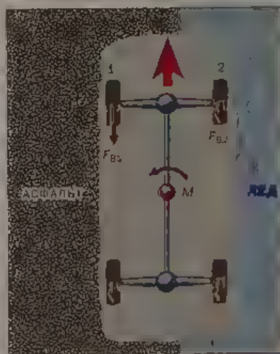


Рис. 6.24. Разворачивающий момент, приводящий к потере устойчивости

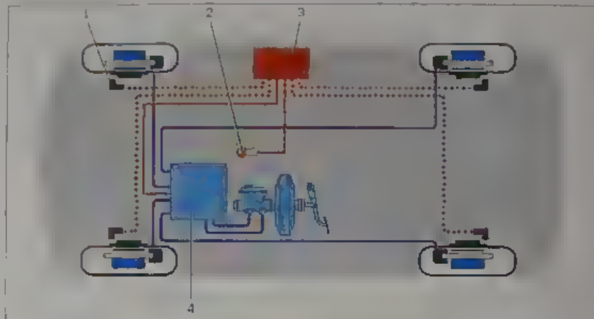


Рис. 6.25. **Схема системы АБС 2-го поколения фирмы Bosch для легкового автомобиля:**
1 — датчик; 2 — сигнальная лампа; 3 — блок управления; 4 — модулятор

ля при этом сохраняется, т. к. колеса не заблокированы и запас боковой устойчивости остается достаточным. Схема с индивидуальным регулированием является наиболее сложной и дорогой.

При выборе схемы АБС обычно исходят из технической и экономической целесообразности. Как показали исследования, соответствуют всем требованиям, а следовательно, относятся к категории 1 АБС имеющие схему регулирования (передние колеса/задние колеса) IR/IR и MIR/IR, а также другие схемы (MIR/SL, SL/IR) если принцип SL используется на оси (осях), обеспечивающей не более 50 % суммарной тормозной силы. АБС, использующие принцип SL на обеих осях АТС (SL/SL), относятся к категории 2. В АБС категории 3, как правило, реализуется схема — SL.

На рис. 6.25 показана схема системы АБС 2-го поколения, разработанная фирмой Bosch для легковых автомобилей с гидравлическим тормозным приводом.

Она встраивается в штатную тормозную систему и не требует изменения ее конструкции. Преимущества таких систем заключаются в простоте и удобстве компоновки на автомобиле.

Система содержит гидравлический узел, располагаемый между главным тормозным и колесным цилиндрами, датчики частоты вращения, монтируемые у передних колес и у главной передачи, и электронный блок управления (ЭБУ), устанавливаемый в салоне или в моторном отсеке автомобиля. На полноприводных автомобилях к датчикам частоты вращения добавляется датчик продольного замедления. Гидравлический узел состоит из насоса с электродвигателем, модулятора с тремя электроклапанами, двух аккумуляторов с демпфирующими камерами.

В системе используется трехфазный рабочий цикл. При торможении без блокировки колес электроклапан соединяет колесный цилиндр с соответствующей секцией главного цилиндра и тормозная система работает обычным образом. Если ЭБУ выявляет тенденцию к блокированию колеса, то электроклапан переводится в положение, при котором колесный тормозной цилиндр отсоединяется от главного тормозного цилиндра и, наоборот, соединяется с магистралью слива. Жидкость перетекает в демпфирующую камеру, а затем перекачивается насосом в главный тормозной цилиндр. Давление в колесном цилиндре уменьшается. В фазе выдержки давления электроклапан переводится в положение, при котором все



Рис. 6.26. **Пневматическая АБС**

магистрали разъединены между собой. Следующая фаза нарастания давления осуществляется переводом электроклапана в первоначальное положение. Жидкость из главного тормозного цилиндра вновь поступает в колесный цилиндр.

В случае отказа насоса торможение с антиблокировочной функцией прекращается, но работоспособность тормозного привода сохраняется.

Типичная схема установки пневматической АБС на двухосном грузовом автомобиле с пневмоприводом показана на рис. 6.26. Эта система состоит из блока управления, соединенного с колесными датчиками и модуляторами.

Модулятор АБС имеет, как правило, диафрагменную конструкцию. Такая конструкция обеспечивает более высокое быстродействие по сравнению с поршневой. Модулятор (рис. 6.27) имеет два электроклапана 1 и 2 и два пневмоклапана. Выходы модулятора подключены к тормозному крану, к тормозной камере и к атмосфере.

При торможении без срабатывания АБС воздух поступает от крана на выход к тормозному крану, отжимает диафрагму верхнего пневмоклапана и проходит на выход к тормозной камере. Одновременно он поступает через большой канал к нижнему пневмоклапану, который дополнительно прижимается к своему седлу, перекрывая атмосферный выход. Верхний пневмоклапан находится в открытом положении, т. к. полость соединена с атмосферой через электроклапан отсечки. При растормаживании тормозным краном воздух проходит через модулятор в обратном направлении, от выхода к тормозной камере к тормозному крану.

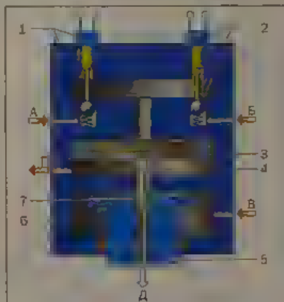


Рис. 6.27. **Принципиальная схема пневматического модулятора АБС:** 1, 2 — электромагнитные клапаны; 3 — следящий поршень; 4, 6 — пружина; 5 — корпус впускного и атмосферного клапанов; 7 — седло атмосферного клапана; А — полость, соединяющая тормозной кран с модулятором; Б — полость, соединяющая модулятор с атмосферой; В — полость, соединяющая воздушный баллон с модулятором; Г — полость, соединяющая модулятор с рабочей полостью тормозной камеры; Д — полость, соединяющая тормозную камеру через модулятор с атмосферой

При работе АБС модулятор обеспечивает трехфазный рабочий цикл.

В фазе сброса давления на оба электроклапана модулятора подается напряжение от электронного блока управления. Электроклапан отсечки закрывает атмосферный вывод и одновременно пропускает воздух от вывода к тормозному крану через малый канал в полость. Давление с обеих сторон диафрагмы верхнего пневмоклапана выравнивается, и он усилием пружины закрывается. Одновременно из-за срабатывания электроклапана сброса открывается нижний пневмоклапан. Через него воздух из тормозных камер выходит в атмосферу.

Выдержка тормозного давления (вторая фаза) на постоянном уровне производится при подаче напряжения только на электроклапан отсечки. В этом случае оба пневмоклапана закрыты.

В третьей фазе электроклапаны обесточены и воздух проходит из тормозного крана в тормозную камеру.

Установка трехфазовых модуляторов около каждого колеса автомобиля позволяет реализовать любой принцип регулирования.

Несмотря на установленную на автомобиле АБС рекомендуется сохранять в тормозном приводе регулятор тормозных сил, хотя это и не требуется нормативами. Считается, что регулятор сохраняет комфортабельность движения и расход воздуха и снижает вероятность вступления в работу АБС.

Неисправность АБС не может быть полностью исключена, поэтому необходимо выбирать такое подключение датчиков и модуляторов, которое обеспечит сохранение свойств системы даже при наличии некоторых отказов. Часто выбирается диагональная схема подключения. К каждому процессору подключаются датчик и модулятор двух колес по диагонали: одного переднего и одного заднего. В этом случае при единичной неисправности отключается только одна диагональ. Одно незаблокированное переднее колесо и одно заднее колесо обеспечат достаточную устойчивость и управляемость автомобиля. Лампа, сигнализирующая о неисправности АБС, подключается параллельно к обоим каналам блока управления. Поэтому, даже если она горит, одна из диагоналей еще может находиться в исправном состоянии. Самодиагностика исправности АБС начинается при включении зажигания и производится непрерывно при движении ТС. Концепция двухканальной электроники с диагональным распределением каналов считается важным элементом надежности АБС для грузовых автомобилей и автобусов, т. к. единичный отказ в АБС не может застать врасплох водителя, привыкшего к помощи системы при торможении. К блоку управления АБС может подключаться тормоз-замедлитель. Электроника автоматически отключает замедлитель, когда АБС вступает в работу.

Опыт эксплуатации АБС свидетельствует о высокой надежности этой системы. Отказы составляют около 0,2 %. Наиболее часто отказывают электрические соединения блока управления, датчиков и модуляторов, а также соединения между тягачом и прицепом. Отказы модуляторов (в том числе из-за замерзания) незначительны. Неисправности датчиков связаны в основном с увеличением зазоров в подшипниках ступицы колеса.

§ 38

ПРОТИВОБУКСОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Наряду с использованием АБС сравнительно недавно на автомобилях стали применять противобуксовочные системы (ПБС), которые при тяговом режиме движения препятствуют пробуксовке ведущих колес автомобиля. ПБС не относятся к тормозному управлению, но, ввиду идентичного принципа работы и использования одних и тех же аппаратов, часто рассматриваются совместно с АБС.

Противобуксовочные системы давно используются на железнодорожном транспорте, но лишь совсем недавно стали применяться на автобусах, легковых и грузовых автомобилях.

ПБС часто устанавливаются в сочетании с АБС, что позволяет ускорить процесс разгона, а также повысить проходимость на мягких грунтах и скользких дорогах. Принцип действия системы основан на автоматическом подтормаживании буксующего колеса (рис. 6.28).

При этом другое ведущее колесо, находящееся на дорожном покрытии с хорошими сцепными характеристиками, может воспринимать бо́льший крутящий момент. В результате, как и при блокировке дифференциала, увеличивается суммарная сила тяги, автомобиль может трогаться с места и разгоняться с большим ускорением. Кроме того, система при необходимости уменьшает подачу топлива в двигатель и ограничивает общую тяговую силу на ведущих колесах.



Рис. 6.28. **Принцип действия ПБС:** F_1 — тяговая сила (без ПБС); F_B — тормозная сила, F_D — дополнительная тяговая сила; F_{ll} — суммарная сила тяги

К преимуществам ПБС относят:

- увеличение силы тяги и повышение устойчивости автомобиля при трогании с места, разгоне и движении на скользкой дороге;
- увеличение проходимости по мягким грунтам;
- уменьшение нагрузок в трансмиссии при резком изменении коэффициента сцепления;

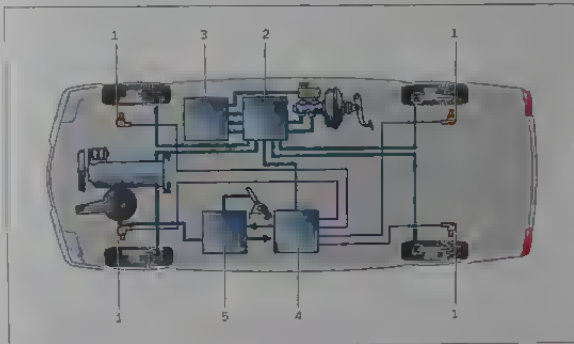


Рис. 6.29. **Схема комплексной АБС/ПБС легкового автомобиля:** 1 — датчик скорости колеса, 2 — модулятор АБС; 3 — модулятор ПБС; 4 — блок управления АБС, 5 — блок управления ПБС

— снижение расхода топлива, особенно в зимних условиях,
— уменьшение износа шин,
— снижение утомляемости водителя.

В настоящее время во всех ПБС для автоматического ограничения буксования колес применяется электроника.

Схема комплексной АБС/ПБС показана на рис. 6.29.

АБС дополняется модулятором ПБС, который имеет два цилиндра, включенных в гидромагистрали, соединяющие главный тормозной цилиндр через модулятор АБС с колесными цилиндрами. Внутри цилиндров модулятора расположены плавающие поршни с центральными клапанами. Последние соединяют входную и выходную магистрали цилиндра. Поршни управляются посредством трехпозиционных электромагнитных и двухпозиционных дросселирующих клапанов.

При торможении автомобиля жидкость беспрепятственно проходит через цилиндры модулятора к задним колесным цилиндрам.

Во время работы ПБС по команде блока управления на подтормаживание одного или обоих ведущих колес электромагнитный клапан переводится в положение, при котором давление из гидронасоса передается в управляющую полость цилиндра модулятора слева от поршня. Под действием давления жидкости поршень перемещается вправо и перекрывает центральный клапан. Дальнейшее движение поршня приводит к повышению давления в колесных цилиндрах. Выдержка или сброс давления осуществляются по команде электронного блока переводом электромагнитного клапана в соответствующее положение.

Для получения большей точности и плавности регулирования скольжения колес в тяговом режиме в ПБС изменение давления необходимо производить более медленно, чем в АБС. Для этого в модулятор введены дросселирующие клапаны с меньшим проходным сечением, которые срабатывают в начале функционирования ПБС.

Рассмотренная конструкция модулятора может применяться отдельно от АБС, для чего автомобиль должен быть дооборудован колесными датчиками угловых скоростей, блоком управления и иметь гидросистему высокого давления.

Регулирование крутящего момента двигателя производится комплексным воздействием на дроссельную заслонку, на системы зажигания и впрыска топлива. Положение дроссельной заслонки может изменяться электромеханическим или электромагнитным устройством.

Чаще всего используется электромеханическая система, известная под названием «электронная педаль газа». В этой системе изменение положения педали «газа» с помощью датчика перемещения педали преобразуется в электрический сигнал. В блоке управления данный сигнал преобразуется с учетом ряда заданных переменных и сигналов от других датчиков (температуры, частоты вращения двигателя и т. п.), а затем передается к электродвигателю, который перемещает дроссельную заслонку или рейку топливного насоса (в случае управления дизелем). Сигнал обратной связи о положении заслонки или рейки также поступает в блок управления.

Команды, поступающие от блока управления ПБС, имеют приоритет по отношению к сигналам, поступающим от датчика перемещения педали «газа». Например, если водитель открывает дроссельную заслонку на угол, обеспечивающий подачу к колесам крутящего момента, большего, чем можно реализовать по условиям сцепления, то по команде от блока управления ПБС угол открытия может быть уменьшен до 10° за время 100 мс.

В конце 80-х гг. началось серийное производство противобуксовочных систем для дизельных грузовых автомобилей, автобусов и седельных тягачей, имеющих пневматический тормозной привод. При этом из соображений безопасности считается нецелесообразным обеспечение возможности движения с большими скоростями, при которых нельзя достичь высокой надежности торможения. Поэтому пневматические ПБС отдельно от АБС не изготавливаются и не устанавливаются.

Повышение эффективности ПБС на автомобилях 6×2 с пневмоподвеской может быть достигнуто кратковременным (не более чем на 90 с) увеличением на 30 % нагрузки на ведущую ось вследствие выпуска воздуха из пневмобаллонов подвески поддерживающей оси. Для этого используются соответствующие электроклапаны.

Как показали испытания, расход воздуха противобуксовочной системой небольшой и установки дополнительных ресиверов не требуется.

§ 39

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

Современные антиблокировочные системы АБС положили начало появлению других электронных систем в тормозной системе. Стало общепринятым называть такие системы ЕВМ (Electronic Brake Management) — электронное управление тормозами. Иногда применяется другой термин DBC (Dynamic Brake Control) — динамический контроль торможения. Любая система АБС начинает работать после того, как заблокируется хотя бы одно из колес. При движении автомобиля происходит изменение вертикальных нагрузок, приходящихся на отдельные колеса. Чем больше нагрузка, тем большее тормозное усилие может развить тормозящее колесо. Если учитывать перераспределение вертикальных нагрузок, то можно существенно повысить как эффективность торможения, так и устойчивость автомобиля при торможении. Для этого автомобиль должен иметь надежные датчики, определяющие распределение вертикальных нагрузок по осям и бортам автомобиля, компьютер и соответствующее программное обеспечение. В качестве исполнительного устройства могут использоваться уже существующие сегодня модуляторы АБС.

Другим направлением совершенствования тормозной системы является применение систем EBA (Electronic Brake Assist) — электронная система помощи торможению. Система EBA впервые была представлена на автомобилях Mercedes, а позже появилась и на автомобилях других фирм. Эта система обеспечивает максимально возможную эффективность при экстренном торможении. Для вступления ее в действие компьютер определяет начало торможения в аварийном режиме, а для этого он должен проанализировать целый ряд факторов.

Так, например, на автомобилях BMW такая система активизируется только в том случае, если выполняются следующие условия:

— давление в главном тормозном цилиндре составляет более 3 МПа;
— нарастание давления происходит со скоростью более 600 МПа/с;
— скорость автомобиля составляет более 5 км/ч;
— автомобиль не движется задним ходом;
— хотя бы одно из колес не работает в режиме АБС (блокируется).

Только при выполнении всех этих условий компьютер дает команду на экстренное торможение. Система отключается, когда водитель отпускает тормозную педаль или скорость автомобиля падает до 5 км/ч.

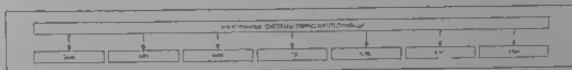


Рис. 6.30. Электронные системы управления торможением

Системы электронного управления торможением получают все более широкое распространение в тормозных системах современных автомобилей. Так, тормозная система новой модели автомобиля Range Rover включает семь различных электронных систем (рис. 6.30).

Наряду со ставшими уже привычными ABS — антиблокировочной системой, DSC — системой поддержания устойчивости и ETS — противобуксовочной системой, имеются дополнительные

— HDC (Hill Descent Control) — система автоматического притормаживания на спуске;
— EBD (Electronic Brake Distribution) — электронное распределение тормозных сил по осям автомобиля;
— CBC (Cornering Brake Control) — система распределения тормозных сил по бортам автомобиля на поворотах;
— EBA (Electronic Brake Assist) — система для экстренного торможения.

Работой всех этих систем управляет один электронный блок, который объединен в одном корпусе с гидравлическим модулем системы АБС и DSC, и соединен коммуникационными линиями с другими электронными блоками: управления двигателем, коробкой передач, раздаточной коробкой, пневматической подвеской. Гидравлический модуль формирует величину давления тормозной жидкости в трубопроводах тормозной системы по сигналам блока управления, который вырабатывает их, анализируя данные, полученные от датчиков: частоты вращения колес, давления в тормозной системе, положения тормозной педали, угла поворота рулевого колеса, боковых и продольных ускорений.

Тормозные системы автомобилей могут стать еще более совершенными при широком применении так называемых систем торможения по проводам (BBW — Brake By Wire). В такой системе механическая связь между тормозной педалью и исполнительными устройствами отсутствует, а командный сигнал от водителя передается по кабелю. Система BBW может быть полностью электрической, с электромеханическими тормозными механизмами или комбинированной, в которой используются электрогидравлические устройства. Полностью электрические тормозные системы, скорее всего, начнут применяться только после перехода на электрооборудование автомобиля с напряжением 36 В. Электрогидравлические системы могут использоваться на переходном этапе. В таких системах давление жидкости создается гидравлическим насосом с электроприводом, а торможением управляют электромагнитные клапаны, получающие сигналы от компьютера. При таком варианте имеется возможность использовать существующие тормозные механизмы.

Компания BMW создала экспериментальный автомобиль с полностью электрическим тормозным приводом, использующим принцип BBW. Тормозные колодки прижимаются к тормозному диску шарико-винтовой передачей, которая приводится с помощью высокоскоростного электродвигателя.

Автомобиль продемонстрировал отличные тормозные свойства при исключительной плавности работы АБС, в которой было применено аналоговое управление, взамен привычного импульсного.

Автомобили с полностью электрической системой BBW имеют целый ряд преимуществ:

— уменьшение тормозного пути;
— регулируемая тормозная педаль (можно регулировать ее положение под конкретного водителя);
— отсутствие вибрации на педали,
— бесшумность работы;
— отсутствие гидравлики;
— меньшее количество деталей, компактность;
— снижение повреждений при аварии;
— простота сборки;

— способность обеспечить выполнение всех функций наиболее совершенных систем АБС, CSP, TCS, EBA, EBD и т. д.;
— дополнительные функции EPB (Electronic Parking Brake — электронный стояночный тормоз) и др.
— хорошо сочетается с перспективными системами управления транспортом.

Отдельно следует остановиться на двух последних пунктах.

Стояночные системы с электронным управлением уже не являются делом будущего. Некоторые производители выпускают такие устройства, и они могут быть установлены на существующие автомобили.

Такие системы бывают двух типов — простые и автоматические APB (Automatic Parking Brake). В первом случае исполнительный агрегат, состоящий из электродвигателя, редуктора и блока управления, встраивается в привод управления стояночной тормозной системой, и водитель управляет его работой с помощью кнопки. При автоматической работе стояночная система включается при каждой остановке автомобиля и выключается, когда водитель нажимает педаль «газа». Такие стояночные системы уже серийно устанавливаются на некоторые автомобили Jaguar.

Использование систем BBW дает возможность легко сочетать их с разрабатываемыми системами управления транспортом, в которых может использоваться «интеллектуальный» круиз-контроль, когда система сама поддерживает безопасное расстояние в потоке транспорта и вмешивается в работу тормозной системы, обеспечивая при необходимости полную остановку автомобиля.

ГЛАВА 7

Несущая система. Кузов

Несущая система предназначена для установки всех частей автомобиля и соединения их в единую конструкцию, которая и является собственно автомобилем.
В качестве несущей системы могут выступать как рама автомобиля, так и его кузов, который в этом случае называют несущим.

§ 40

НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

Если несущей системой автомобиля является рама, то дополнительно на нее устанавливается кузов или кабина для размещения водителя, пассажиров и грузов.

Рама выполняет функции каркаса автомобиля: кроме соединения всех его узлов и агрегатов в единое целое она дополнительно придает жесткость и прочность всей конструкции, что позволяет воспринимать различные внешние и внутренние нагрузки при движении.

Кузов служит для комфортного размещения пассажиров и груза и для их защиты от внешних и внутренних неблагоприятных факторов (погодные условия — снег, ветер, дождь; дорога — шум, пыль, вибрация), а также обеспечивает защиту в случае аварии. Конструкция кузова влияет на эксплуатационные свойства автомобиля и определяет его внешний вид.

Существуют и бескузовные транспортные средства, например мотоциклы, снегоходы.

§ 41

КОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАМ

По конструкции различают три типа рам: лонжеронные, центральные и комбинированные. Наибольшее распространение получили лонжеронные рамы (см. рис. 1.13).

Лонжеронная рама состоит из двух продольных балок (лонжеронов), которые соединены между собой поперечинами. В зависимости от типа автомобиля и его компоновки лонжероны могут быть установлены один относительно другого параллельно или под углом, а также могут быть изогнуты в вертикальной и горизонтальной плоскостях. К раме крепятся практи-

чены все узлы и агрегаты автомобиля: кузов, механизмы трансмиссии, передняя и задняя подвески, системы управления и т. д. Поперечины служат для придания жесткости всей конструкции. Лонжероны и поперечины чаще всего изготавливают гнутыми из листовой стали, при этом им придают форму поперечного сечения в виде закрытого короба, швеллеров или двутавра, т. к. они обладают наибольшей жесткостью при изгибе. Лонжероны и поперечины между собой соединены клепкой или болтовыми соединениями, реже применяется сварка.

Центральная (хребтовая) рама состоит из центральной продольной несущей балки обычно трубчатого сечения, к которой прикреплены поперечины. Крепление узлов и агрегатов автомобиля осуществляется как к балке, так и к поперечинам. Несущая балка хребтовой рамы может также состоять из картеров отдельных агрегатов трансмиссии, соединенных между собой. Такая рама по сравнению с лонжеронной обладает большей жесткостью, а возможность использования агрегатов трансмиссии в качестве рамы обеспечивает компактность. Хребтовая рама используется в основном в конструкции автомобилей высокой проходимости, поскольку хорошо компонуется с независимой подвеской ведущих колес. Вместе с тем, сложность конструкции и трудности при техническом обслуживании и ремонте ограничивают применение таких рам.

Комбинированные рамы сочетают в своей конструкции оба принципа — средняя часть выполняется как центральная, а концы делают лонжеронными.

§ 42

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КУЗОВА



Рис. 7.1. **Кузов автомобиля в начале XX в.**

Первые автомобили, представлявшие собой безлошадные кареты, собирались по технологии гужевых повозок и конструктивно практически не отличались от них. Все нагрузки передавались на раму, на которой устанавливался деревянный кузов (рис. 7.1). В некоторых из первых автомобилей вообще не было кузова — только места для пассажиров, сворачивающаяся мягкая крыша и небольшая защитная передняя перегородка.

Серьезные изменения произошли в начале XX в., когда конструкторы оценили потенциальные возможности кузова. Обеспечить жесткость, особенно жесткость на кручение, легче в трехмерной конструкции кузова, чем в плоской. Это послужило причиной создания объемной, жесткой конструкции (см. рис. 1.14), которая до сих пор используется для большинства автомобильных кузовов.

Начиная с 30-х гг. прошлого века, большинство автомобильных кузовов представляли собой конструкцию, состоящую из штампованных металлических листов, соединенных вместе точечной сваркой в строго определенной последовательности, что позволяло формировать жесткий каркас, к которому крепились двигатель, трансмиссия, узлы шасси, сиденья и все остальное оборудование.

Внутреннее оборудование кузова постоянно совершенствовалось, начиная с простых сидений и обивки, нескольких простейших приборов и ацетиленовых ламп и кончая современными автоматизированными системами безопасности, обеспечения комфорта и пере-

дачи информации. Трудно поверить, что первые автомобили не имели столь необходимых элементов. Например, обогреватели получили широкое распространение только в середине прошлого века, сейчас же кондиционирование воздуха используется как стандартное оборудование автомобиля. Самый большой прогресс произошел в электросистемах. Столетие назад можно было купить автомобиль, который практически не имел электрического оборудования, кроме магнето, управляющего зажиганием. Сегодня, потребление электроэнергии средним автомобилем начинает опережать возможности 12-вольтовой системы электропитания. Другая область интенсивного прогресса — системы безопасности. Ремни и надувные подушки безопасности сегодня используются как стандартное оборудование.

К середине XX в. сложилась общепризнанная концепция применения несущих систем на различных типах автомобилей: на легковых автомобилях среднего и малого класса — несущий кузов, на легковых автомобилях высшего класса и повышенной проходимости — несущая рама или полунесущий кузов с элементами рамы, на грузовых автомобилях — несущая рама, на автобусах — несущий или полунесущий кузов, реже — рама (для автобусов на шасси грузовых автомобилей).

§ 43

КЛАССИФИКАЦИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ КУЗОВОВ

На автомобилях применяются различные типы кузовов (рис. 7.2), отличающиеся назначением, конструкцией, компоновкой и нагруженностью.

Назначение кузова фактически определяет область применения автомобиля (или наоборот). Пассажирские кузовы предназначены для перевозки пассажиров и используются в основном на легковых автомобилях и автобусах. На грузовом автомобиле устанавливается кузов для перевозки грузов и, дополнительно к нему, — кабина (пассажирский кузов) для размещения водителя и одного или двух пассажиров. Грузопассажирские кузова предназначены для одновременного размещения пассажиров и груза. Специальные кузовы, например: мусоровозы, пожарные автомобили, автокраны и т. д., как правило, устанавливаются на раме (шасси) грузовых автомобилей, чтобы они могли выполнять специфические задачи.

В зависимости от конструкции кузовы выполняют каркасными, полукаркасными или бескаркасными. Каркасный кузов имеет жесткий пространственный каркас, к которому крепятся наружная и внутренняя облицовки. Полукаркасный кузов имеет толь

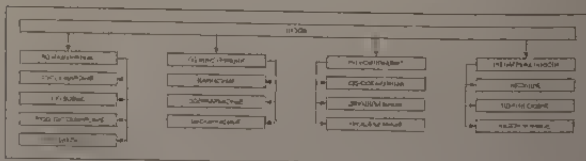


Рис. 7.2. **Классификация кузовов**

ко некоторые части каркаса (отдельные стойки, дуги, усилители и т. п.), соединенные между собой наружной и внутренней облицовками. Для придания бескаркасному кузову необходимой жесткости отдельным его частям придают специальную форму и сечение.

По способу размещения груза, пассажиров и силового агрегата в кузове автомобиля различают кузовы: однообъемные — силовой агрегат, отсек для пассажиров и груза расположены в единой пространственной конструкции (автобус, мини-вен, бескапотная кабина грузового автомобиля и т. п.); двухобъемные — силовой агрегат под капотом, пассажиры и груз в другом отсеке кузова (универсал, хэтчбек, капотная кабина грузового автомобиля и т. п.); трехобъемные — силовой агрегат под капотом, пассажиры в кабине (пассажирском салоне), а груз в багажном отделении (классический пример — седан).

Несущий кузов воспринимает все нагрузки и усилия, которые действуют на автомобиль при его движении, вес груза, пассажиров и установленных на кузове агрегатов и механизмов, усилия от элементов подвески автомобиля и силы, которые возникают при колебаниях, разгоне, торможении и повороте.

Полунесущий кузов жестко соединяется с рамой и воспринимает часть нагрузок, приходящихся на раму.

Разгруженный кузов жесткого соединения с рамой не имеет. Он устанавливается на раме на упругих подушках и, кроме веса пассажиров и перевозимого груза, никаких других нагрузок не воспринимает.

Кроме приведенной выше классификации, кузовы легковых автомобилей различаются по внешнему виду и конструкции пассажирского салона. Типовые конструкции получили индивидуальные названия (рис. 7.3).

Седан (рис. 7.3а) является трехобъемным закрытым четырехдверным кузовом с двумя (реже тремя) рядами сидений (третий ряд — откидной).

Лимузин (рис. 7.3б) представляет собой трехобъемный закрытый четырехдверный кузов с двумя или тремя рядами сидений (третий ряд сидений — откидной). За передним рядом сидений расположена подъемная стеклянная перегородка, служащая при необходимости для отделения водителя от задних пассажиров.

Купе (рис. 7.3в) — трехобъемный закрытый двухдверный кузов с одним или двумя рядами сидений. Для доступа к задним сиденьям необходимо откидывать передние, что ухудшает условия посадки пассажиров.

Универсал (рис. 7.3г) представляет собой закрытый трех- или пятидверный кузов с двумя рядами сидений. Дополнительная дверь находится в задней стенке кузова. При складывании заднего ряда сидений увеличивается багажное отделение, в результате чего кузов превращается в грузопассажирский.

Комби (хэтчбек) (рис. 7.3д) занимает промежуточное положение между кузовами седан и универсал. Хэтчбек является закрытым трех- или пятидверным кузовом с двумя рядами сидений. Дополнительная дверь находится в наклонной задней стенке кузова. Кузов может быть легко переоборудован из пассажирского в грузопассажирский если удалить съемную складную полку, которая установлена за задним рядом сидений и закрывает багажное отделение. При складывании заднего ряда сидений площадь багажного отделения увеличивается.

Фастбек (рис. 7.3т) — двухобъемный пассажирский кузов с двумя или четырьмя дверями и плавно спускающейся назад крышей (нечто среднее между хэтчбеком и седаном, в настоящее время не используется).

Кабриолет (рис. 7.3е) представляет собой кузов с откидывающимися задней стенкой и частью крыши. Кузов имеет жесткий или мягкий убирающийся верх и опускающиеся стекла в дверях и боковинах.

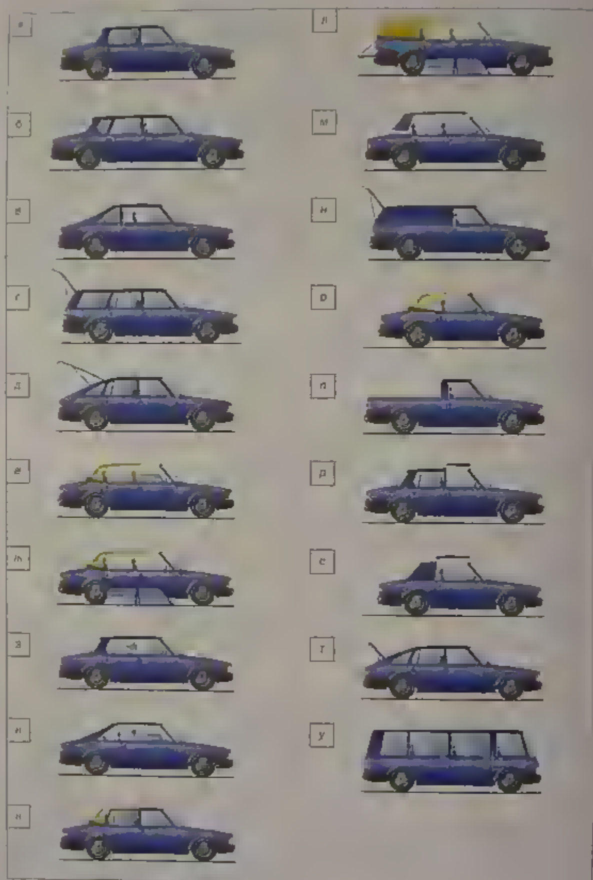


Рис. 7.3. Типы кузовов легковых автомобилей

Таблица 7.1. Требования к автомобильным кузовам

Требования потребителя	Требования производителя
— привлекательный внешний вид	— низкая стоимость производства
— максимальная безопасность	— простота сборки
— умеренный расход топлива	— возможность применения универсального технологического оборудования
— высокий комфорт	— ограниченное количество деталей
— универсальность	— приспособленность деталей к существующим технологическим процессам (штамповка, сварка и т. д.)
— длительный срок службы	— максимальная унификация деталей для различных моделей (принцип единой платформы)
— невысокая цена	— приспособленность деталей к последующей утилизации и т. д.
— низкие затраты на ремонт	
— невысокий уровень шума	
— достаточный объем внутреннего пространства и т. д.	

Фаэтон (рис. 7.3ж) представляет собой полностью открывающийся кузов. Кузов имеет две или четыре двери, мягкий складывающийся верх и съемные боковины, в которых выполнены окна.

Хардтоп-седан (рис. 7.3з) — седан без средней боковой стойки.

Хардтоп-купе (рис. 7.3и) — купе без средней боковой стенки.

Ландо (рис. 7.3к) — седан с открывающейся частью крыши над задними сиденьями.

Фаэтон-универсал (рис. 7.3л) — грузопассажирский кузов, с мягким складывающимся или съемным тентом.

Кабриолет-хардтоп (рис. 7.3м) — пассажирский кузов со съемной жесткой крышей.

Фургон (рис. 7.3н) — закрытый кузов с перегородкой для перевозки грузов.

Родстер (рис. 7.3о) — укороченный двухместный кузов со складывающимся мягким тентом.

Пикап (рис. 7.3п) — грузопассажирский кузов с открытой платформой для перевозки грузов и кабиной водителя, отгороженной от грузовой платформы стационарной перегородкой.

Брогам (рис. 7.3р) — пассажирский кузов с открывающейся частью крыши над передним рядом сидений.

Тарга (рис. 7.3с) — пассажирский кузов со съемной средней частью крыши.

Бескапотный кузов (рис. 7.3у) — однообъемный пассажирский кузов, центр рулевого колеса которого находится перед передней осью автомобиля.

Можно сказать, что кузов современного автомобиля, особенно легкового и автобуса является центральной, наиболее важной частью этих транспортных средств. От конструкции кузова зависит безопасность, удобство использования, срок службы, привлекательность автомобиля. Кузов во многом определяет величину затрат на производство и эксплуатацию автомобиля, на общее совершенство автомобиля. Поэтому к кузову предъявляется огромное число разнообразных требований (табл. 7.1), зачастую противоречивых, причем и со стороны владельца автомобиля, и со стороны производителя.

Создание кузова — это всегда поиск наилучшего компромисса из огромного количества возможных вариантов. Сложность процесса проектирования кузовов, в особенности создания привлекательного облика автомобиля, предопределяет применение как технических, так и художественных (дизайн) методов выбора параметров.

§ 44

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВОВ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

КУЗОВЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Основой кузова легкового автомобиля является неразъемный корпус, к которому шарнирно прикреплены капот двигателя, крышка багажника, двери, крылья и детали декоративного оформления (облицовка радиатора, передний и задний бамперы, декоративные накладки и т. д.). Внутри кузова установлены сиденья для пассажиров и водителя.

Корпус кузова (см. рис. 1.14) представляет собой жесткую сварную конструкцию, состоящую из отдельных, предварительно собранных, узлов: основания (пола) с передней и задней частями корпуса, левой и правой боковин с задними крыльями, крыши и передних крыльев.

В передней части корпуса кузова часто имеется короткая рама (подмоторная рама) лонжеронного типа, предназначенная для крепления силового агрегата и передней подвески. Основание кузова обычно выполняется в виде цельноштампованной панели, которая с внутренней стороны салона по периметру усилена жестким коробчатым профилем. С основанием соединены передняя и задняя части кузова. Передняя часть включает передний щит, панели, брызговики, а задняя часть — панели и брызговики. Боковины кузова изготавливают цельноштампованными или сварными из отдельных деталей (стоек, порога пола и т. д.). В боковинах имеются проемы для дверей. Крыша кузова цельноштампованная. Она часто выполняется вместе с проемами для ветрового и заднего окон.

Дверь кузова состоит из наружной и внутренней штампованных панелей, соединенных между собой. Она крепится к кузову на петлях. Чаще всего двери открываются вбок против движения автомобиля вперед. Это сделано для того, чтобы в случае открывания двери на ходу набегающий поток воздуха «помогал» ее закрыть. В некоторых моделях автомобилей двери открываются вверх (рис. 7.4а), сдвигаются назад (рис. 7.4б, г) или, реже, открываются в сторону движения автомобиля вперед. Обычно такая схема применяется на автомобилях без средней стойки (рис. 7.4в). В закрытом положении дверь удерживается специальным замком, исключающим произвольное открывание двери при движении. Ограничитель двери ограничивает угол открывания и обеспечивает ее фиксацию в открытом положении. В нижней части двери имеются щели для стока воды, попавшей внутрь нее.

Окна дверей в большинстве случаев изготавливаются из закаленного стекла. Иногда окно двери разделяют на две части, одна из которых неподвижное стекло, а другая подвижное. Как правило, подвижное стекло — опускное, реже — сдвижное или поворотное. Опускное стекло перемещается в специальных направляющих при помощи стеклоподъемника. Стеклоподъемник — с механическим или электрическим приводом, обеспечивает подъем, опускание и фиксацию стекла в любом положении, устанавливается внутри двери. На дорогих автомобилях, а также на автомобилях в северном исполнении, могут применяться двойные стекла.

Стекла ветрового и заднего окон кузова в большинстве случаев изготавливают гнутыми. На автомобилях применяют трехслойное ветровое стекло (триплекс), склеенное из двух тонких полированных стекол с прозрачной эластичной пленкой между ними. Такое стекло более безопасно при аварии, чем закаленное, поскольку не рассыпается на острые, травмоопасные осколки. Стекла устанавливают в проемы кузова с резиновыми уплотнителями или вклеивают. Вклеенные стекла повышают жесткость кузова.

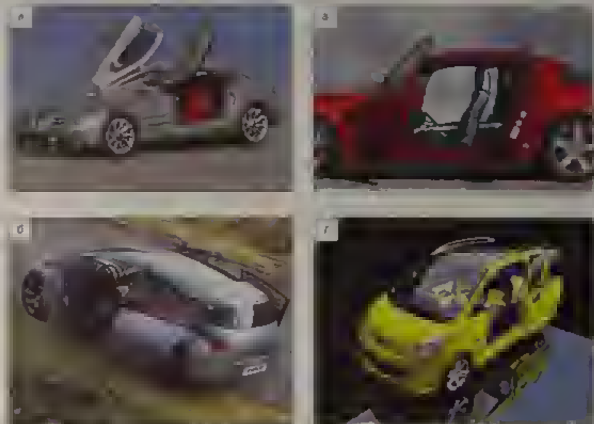


Рис. 7.4. **Варианты открывания дверей**

Капот закрывает сверху отсек двигателя и состоит из двух панелей (наружной и внутренней), соединенных между собой. Петли капота могут быть снабжены пружинами (механическими или газовыми), которые облегчают подъем капота и фиксируют его в открытом и закрытом положениях. Капот оборудован замком, удерживающим его в закрытом положении. Замок капота отпирают изнутри кузова специальной рукояткой, установленной обычно под панелью приборов. Если петли капота установлены сзади, дополнительно к замку устанавливают фиксатор, который удерживает капот от открывания при случайном разблокировании замка во время движения автомобиля.

Багажник при переднем расположении двигателя находится в задней части автомобиля. Он предназначен для размещения багажа, запасного колеса и инструмента водителя. В открытом положении крышка фиксируется упругими элементами (торсионами, пружинами). На внутренней панели крышки багажника установлен замок, удерживающий ее в закрытом положении.

Сиденья в кузове, в зависимости от типа и назначения автомобиля, могут быть установлены в один или два ряда. Двухрядные сиденья обычно применяются в легковых автомобилях малого и среднего классов общего назначения. В автомобилях большой вместимости (высшего класса) дополнительно имеется третий ряд сидений (средний), при желании эти сиденья могут быть сложены.

Переднее сиденье обычно двухместное, оно выполняется сплошным или раздельным. Заднее сиденье в легковых автомобилях двух- или трехместное, выполняется сплошным (диванного типа). В средней части его спинки часто имеется подлокотник, при откидывании которого сиденье превращается в двухместное. При необходимости заднее сиденье может складываться, полностью или по частям — для перевозки крупногабаритных грузов.

Задача конструктора сделать кузов по возможности легким и дешевым и при этом долговечным, а также достаточно жестким (на кручение и на изгиб). Жесткость важна с позиции обеспечения устойчивости и управляемости автомобиля, а также для устранения нежелательных источников шума, связанных с вибрациями деталей кузова при движении.

Особо остро проблема обеспечения жесткости стоит для открытых кузовов (кабриолет, фаэтон). Отсутствие объемного силового каркаса вынуждает усиливать конструкцию основания, боковин и других элементов кузова.

Создание кузова требует большего количества металла, а значит, больших материальных затрат. Искусство создания кузова и состоит в способности спроектировать его достаточно жестким при небольших затратах и с минимальной массой. Существенную помощь при выборе оптимальных параметров кузова оказывают программы компьютерного автоматизированного проектирования (CAD — Computer Aided Design), которые позволяют моделировать нагрузки на отдельные элементы и выбирать их характеристики. При проектировании кузов разбивается на большое число конечных элементов, каждый из которых может быть представлен простым уравнением в компьютерной программе и затем связан со всеми смежными элементами, для формирования так называемой сети. Чем больше ячеек в сети, тем более приближенной к реальным условиям становится модель, но и требуется больше времени для ее расчета на компьютере. Моделирование методом конечных элементов (FEM — Finite Element Modelling) используется в том числе и для базовых силовых расчетов, при изучении поведения кузова во время столкновения и исследованиях вибрации и шума.

Высокая крутильная жесткость кузова нежелательна для автомобилей, работающих на плохих дорогах и бездорожье. Постоянные перекосы кузова при переезде неровностей при высокой жесткости приводят к появлению трещин в наиболее нагруженных зонах. Поэтому несущие системы внедорожников выполняют в виде рамы, хорошо работающей на кручение, на которую устанавливают разгруженный кузов невысокой крутильной жесткости.

Кузовы современных легковых автомобилей в обязательном порядке оснащаются дополнительными элементами шумоизоляции за счет применения противошумных паст, битумных мастик, теплоизоляционных и перфорированных картонов и т. п. Пол кузова легковых автомобилей перед окраской покрывают термоплавкими битумными листами, которые при последующей горячей сушке расплавляются и прочно склеиваются с поверхностью пола и со слоистыми термошумоизоляционными прокладками, уложенными на битумные листы. Для шумоизоляции боковин кузова и дверей применяются шумоизоляционные мастики, войлок и картон с пеноволокном, а для изоляции крыши кузова — пенопласт, перфорированный картон и прокладки из стеклопластика. Шумоизоляционными материалами покрывают и стенки моторного отсека.

КУЗОВЫ АВТОБУСОВ

Современные автобусы большей частью имеют цельнометаллические каркасные кузовы вагонного типа, позволяющие наиболее рационально использовать площадь салона.

Кузов автобуса состоит из каркаса (рис. 7.5), наружной облицовки, внутренней обивки, пола, окон, дверей и т. д. Внутри кузова размещаются сиденья для пассажиров и водителя.

Каркас является основной частью кузова автобуса, в большинстве случаев его делают сварным из стальных труб прямоугольного сечения. Существуют конструкции каркаса, выполненные из алюминиевых профилей. В качестве наружной облицовки применяют стальные листы, приваренные к каркасу, или алюминиевые листы, соединенные с каркасом заклепками.

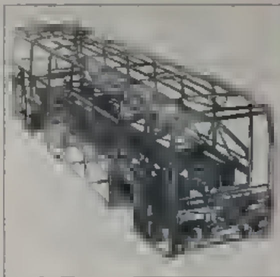


Рис. 7.5. **Несущая конструкция кузова автобуса**



Рис. 7.6. **Двери городского автобуса**

Одно из важнейших требований к конструкции городских автобусов — обеспечить удобство посадки и высадки пассажиров на остановках. Для этого снижают высоту пола автобуса, а проемы дверей делают как можно шире, сами двери в открытом состоянии стремятся убрать из проема. В то же время двери не должны сильно выступать наружу в открытом состоянии, чтобы не мешать посадке пассажиров с улицы в автобус. Поэтому двери делают сдвижными на кронштейнах или убирающимися в полости внутри салона, иногда — складными, но в любом случае — распашными (рис. 7.6). Пассажирские двери городских и пригородных автобусов открываются и закрываются, как правило, с помощью пневматических механизмов, управляемых водителем.



Рис. 7.7. **Полутораэтажный автобус**

Кузов междугородного автобуса должен иметь достаточно вместительный отсек для багажа. Наиболее часто это обеспечивается применением полутораэтажной компоновочной схемы, когда пассажирский отсек располагается в верхней части кузова, а багажный отсек — под ним в центральной части (рис. 7.7).



Рис. 7.8. **Двухэтажный автобус**

Иногда для повышения пассажировместимости кузова как городских, так и междугородных автобусов делаются двухэтажными (рис. 7.8), с установкой в салоне лестницы между этажами.

Окна автобуса (ветровое, боковые, заднее) выполняют разными по форме и конструкции и часто вклеивают в проемы кузова для повышения его жесткости.

Сиденья в автобусах для пассажиров и водителей имеют различную конструкцию. Сиденья пассажиров могут быть или регулируемыми, так и нерегулируемыми. Нерегулируемые сиденья применяют в городских, регулируемые — в междугородных автобусах. Последние выполняют в виде полуспальных кресел с изменяемым углом наклона спинки, с подушками и спинками повышенной мягкости. Сиденье водителя, обычно регулируют в продольном направлении, по высоте и по углу наклона спинки. Часто оно бывает оборудовано амортизирующей подвеской, которая гасит колебания сиденья, возникающие при движении по неровным дорогам.

КАБИНЫ И КУЗОВЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Грузовой автомобиль имеет кабину и грузовой кузов.

Кабина представляет собой жесткую сварную цельнометаллическую конструкцию, состоящую из каркаса крыши, верхней, задней и боковых панелей. Кабины грузовых автомобилей бывают капотного и бескапотного типа (рис. 7.9).

Двери кабины имеют опускающиеся стекла и поворотные форточки. Подъем и опускание стекол, а также их фиксация в любом необходимом положении, осуществляются при помощи стеклоподъемников, расположенных внутри дверей. В закрытом положении двери удерживаются посредством специальных замков. Ветровые стекла — травмобезопасные, типа триплекс.

Сиденье в кабине может быть двух- или трехместным. Оно выполняется общим для водителя и пассажиров или раздельным. При раздельной конструкции сиденье водителя делается регулируемым в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также по наклону подушки и спинки. Кабина магистральных тягачей оборудуется одним или двумя спальными местами, которые располагаются за спинкой сиденья или сверху. Спальное место, расположенное сверху, делает кабину более компактной в продольном направлении, но ухудшает условия отдыха. Кроме того, кабины тяжелых магистральных тягачей оборудованы кухней и умывальником, телевизором, кондиционером, холодильником, туалетом, системой спутниковой навигации и др. устройствами. Для снижения затрат на производство некоторые фирмы-изготовители применяют для модельного ряда грузовых автомобилей одну и ту же кабину, но в разных исполнениях: со спальным местом или без него, с низкой или высокой крышей и т. д.

Кабины, расположенные над двигателем, часто делают откидывающимися на передних шарнирных опорах. Это облегчает доступ к двигателю и другим агрегатам. При откинутой кабине ее масса уравновешивается пружинами, которые расположены под передней частью кабины и упираются в поперечину рамы автомобиля. В задней части кабины установлен за

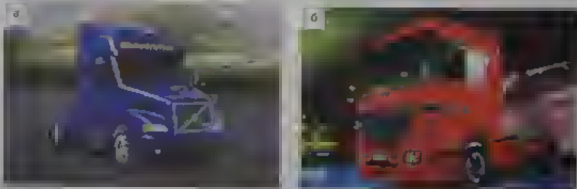


Рис. 7.9. Типы кабин: а — капотный; б — бескапотный

порный механизм, который исключает самопроизвольное откидывание кабины при движении. Часто для подъема кабины используется гидроцилиндр, давление в котором создается насосом с ручным приводом.

Кабины современных грузовых автомобилей имеют собственную систему подрессоривания, т. е. крепятся к раме не жестко, а с помощью упругих и гасящих элементов, резиновых подушек, пружин, амортизаторов. Такая конструкция позволяет улучшить условия работы водителя.

Грузовой кузов может выполняться в виде бортовой платформы (автомобили общего назначения), самосвальным, в виде фургона, цистерны и т. д. (специализированные автомобили). Иногда на место грузового кузова устанавливается технологическое оборудование: подъемный кран, пожарная лестница, компрессор и т. д. (специальные автомобили).

Бортовая платформа состоит из основания, пола и бортов. Основание включает продольные и поперечные балки, к которым прикреплены пол, неподвижный передний борт, а также откидные боковые и задний борта. Откидные борта соединены с основанием платформы с помощью петель, а передний борт — неподвижными стойками. В поднятом положении откид-

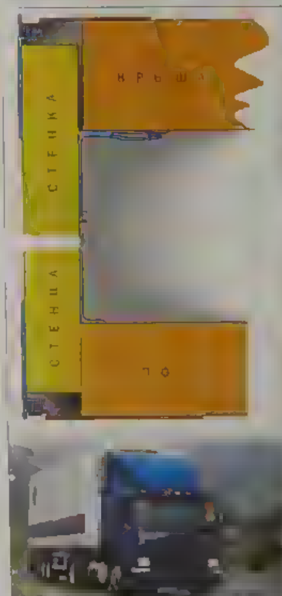


Рис. 7.10. Кузов из сандвич-панелей







Рис. 7.11. Специализированные кузовы грузовых автомобилей: а — карьерный самосвал; б — фургон на шасси МАЗ; в — цистерна на шасси КамАЗ

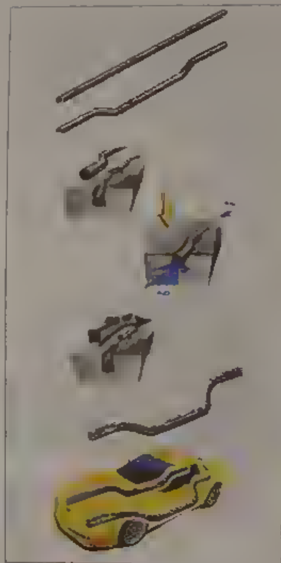


Рис. 7.12. Метод гидроформования для изготовления стальных кузовов. На рисунке показана последовательность создания лонжерона кузова методом гидроформования

ные борта удерживаются специальными запорами, расположенными в углах соединения бортов. Бортовая платформа в сборе прикрепляется к раме автомобиля.

Бортовые платформы оборудуются дополнительными устройствами, которые обеспечивают возможность наращивания высоты бортов и установку тента.

Производство специализированных кузовов является отдельной подотраслью в автомобильной промышленности и зачастую связано с применением высоких технологий. Один из примеров — рефрижераторный кузов, то есть фургон, предназначенный для перевозки скоропортящихся товаров. В современных конструкциях таких кузовов их стены, пол и потолок изготавливают из так называемых сандвич-панелей, представляющих собой легкие и прочные трехслойные панели, включающие наружную и внутреннюю обшивки, между которыми располагается слой теплоизоляционной пены (рис. 7.10). Примечательно, что стены, пол и потолок при сборке склеиваются друг с другом.

К передней стенке рефрижератора снаружи крепится специальная холодильная установка, позволяющая поддерживать в закрытом пространстве фургона заданный температурный режим. Обычно такие установки имеют автономный источник питания (небольшой ДВС) или питаются от бортовой сети тягача.

Разнообразие специализированных кузовов (рис. 7.11) связано с необходимостью обеспечить перевозку различных типов грузов (жидкие, газообразные, сыпучие, взрывоопасные, негабаритные, скоропортящиеся, объемные и т. д.).

§ 45

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КУЗОВОВ

ТОНКОЛИСТОВАЯ СТАЛЬ

Большинство кузовов современных автомобилей выполнены из листовой стали толщиной 0,6–3,0 мм. Наряду с низкоуглеродистой сталью в последнее время активно применяется низколегированная тонколистовая сталь, которая, с одной стороны, характеризуется повы-

ченной прочностью, а с другой — сохраняет «податливость», необходимую для сложной и глубокой штамповки в огромных гидропрессах, которые обычно используются при изготовлении кузовов.

Современные высокопрочные стали применяются для панелей кузова, которые воспринимают самые высокие нагрузки от изгибающих и крутящих моментов или при поглощении энергии столкновения. Использование таких высокопрочных сталей позволяет изготовлять кузовные панели более тонкими, что приводит к экономии массы. В некоторых современных автомобильных кузовах до 50 % листовой стали является высокопрочной.

Хотя формирование панелей гидропрессом остается самым распространенным способом для изготовления стального кузова, в настоящее время развивается технология на основе гидроформования (рис. 7.12), при котором стальная труба-заготовка расширяется в форме импульсом высокого внутреннего гидравлического давления. Это — альтернативный путь создания закрытых полостей кузова; может использоваться для формирования стоек двери, усилителей крыши, оконных рам или деталей передка.

АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Основным преимуществом использования алюминиевых сплавов является их малая плотность. Масса кузова из алюминиевого сплава может быть приблизительно в два раза легче эквивалентного стального кузова с такими же характеристиками по жесткости и пассивной безопасности. Алюминий меньше корродирует, т. к. защищен поверхностной окисной пленкой.

Главный недостаток алюминия — его стоимость, которая существенно выше, чем у аналогичной высококачественной стали. Алюминий хуже поддается контактной сварке, чем листовая сталь (сварка алюминия требует чрезвычайно точного контроля сварочного тока и времени контакта). Алюминий раньше использовался только как материал для двигателей, коробок передач и частей подвески. В кузовостроении алюминий начинает использоваться для отъемных частей кузова (двери, капот и крышка багажника), в результате экономится масса и алюминиевые части могут быть собраны отдельно и затем присоединены к кузову механическими средствами; это позволяет избежать многих технических проблем, связанных с этим материалом.

В то же время существуют конструкции частично (рис. 7.13) или полностью алюминиевых кузовов, например пространственная рама ASF фирмы Audi, производство которого требует существенной модернизации технологического процесса.



Рис. 7.13. Элементы передней части кузова из алюминия

ПЛАСТМАССЫ (ПЛАСТИКИ)

Пластмассы являются альтернативой алюминию, а также обеспечивают снижение массы кузова. Однако их применение сталкивается с проблемами повторной переработки (рециркуляции). Отсутствие коррозии — это результат использования пластмасс, хотя материалы эти являются трудными для переработки. Сегодня изготовители стремятся ограничить производство несколькими чистыми пластмассами, среди которых наиболее используемыми являются: полиамид (нейлон), поликарбонат, полиэтилен, полипропилен и полиуретан. Пластмассы, содержащие газы и разрушающие озоновый слой, например, поливинилхлорид (PVC — Polyvinyl Chloride) и политетрафторэтилен (PTFE) выходят из обращения.

Пластмассы повсеместно применяются там, где их преимущества очевидны, например в формованных бамперах, в которых сопротивление незначительному разрушению при ударе является чрезвычайно ценным.

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композитные материалы состоят из двух и более физических или химических компонентов, прочно соединенных между собой. Основное преимущество композитных материалов в том, что они обладают комбинацией свойств, которые не присущи отдельным компонентам. Названные материалы могут быть получены спеканием частиц, соединением слоев различных материалов или армированием одного материала волокнами другого.

Первым композитным материалом, использованным в кузове транспортного средства был стеклопластик (GRP — Glass Reinforced Plastic), в котором полиэстер или эпоксидная смола соединена со стекловолокном. В готовом изделии стекловолокно обеспечивает большую часть механической прочности, в то время как основа из смол поддерживает форму и обеспечивает удобство обработки поверхности.

Альтернативный подход используется в листовой отливке (SMC — Sheet Moulding Compound), в которой гибкие листы укрепленной смолы подготовлены и затем спрессованы. Меньшие, но более толстые, компоненты могут быть сформированы из густого литьевого компаунда (DMC — Dough Moulding Compound). Наиболее часто используемый «каркас» во всех этих материалах — стекловолокно, которое является дешевым, качественным и имеет очень высокое отношение жесткости к массе. Для специального применения в дорогостоящих конструкциях используют более жесткое и прочное углеродное волокно — кевлар, оно часто используется в качестве основы при изготовлении «кокона» гоночного автомобиля.

Различные типы слоистых материалов получили название сандвич панели (Sandwich) — в виде пластмассовых слоев между тонкими слоями стали. Панели, сделанные из такого типа материала, могут действовать как эффективные шумопоглотители.

§ 46

ОКРАСКА И КОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА КУЗОВОВ

Одна из основных причин, снижающих срок службы современного кузова — его коррозия. Для предотвращения этого процесса кузов во время производства подвергается ряду технологических операций. Важную роль при этом играет качество окраски кузова, от которого зависит как коррозионная стойкость, так и привлекательность внешнего вида автомобиля

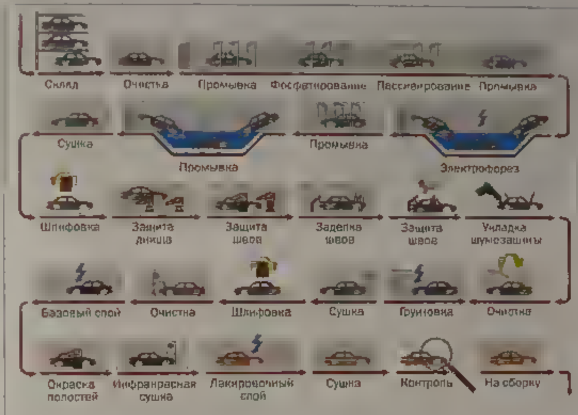


Рис. 7.14. Технологический процесс окраски кузова

Подход к защите от коррозии и окрашиванию стал гораздо более стандартизированным за последние 20 лет. Сейчас основным способом антикоррозионной защиты кузова является покрытие листовой стали с одной или обеих сторон слоем цинка или гальванизирование ее до прессования. Эта защита обычно используется для тех частей кузова, которые больше всего подвержены коррозии: днище, крылья, панели дверей, внутренние стороны арок колес и другие важные части каркаса. Некоторые изготовители, однако, обеспечивают полную защиту кузова, используя 100 %-ное гальванизирование стали. Повышенная эффективность основной защиты от коррозии уменьшила потребность в дополнительном защитном покрытии днища. Масса мастики, наносимой на днище кузова, составляет 10–15 кг. Дополнительные материалы, в виде изолирующей мастики (в большинстве случаев поливинилхлорид), наносятся на кузов вручную или в критических швах — роботом. Детали, наиболее подверженные воздействию выбрасываемых из-под колес камней, изготавливают из механически стойких пластмасс.

Окраска кузовов на современных автозаводах — многоэтапный процесс (рис. 7.14). В результате красочное покрытие состоит из нескольких слоев:

— защитный слой, получаемый электрофорезом (20–30 мкм);
— грунтовка (около 35 мкм);
— основной окрасочный слой (35–45 мкм);
— лакирующий слой (40–45 мкм).

В ответ на запросы потребителя технология окраски становится более сложной. Окраска типа металлик с добавлением алюминиевой пудры применяется для значительной части легковых автомобилей. Все большее количество изготовителей предлагает другой тип покрытия — перламутр, в котором визуальный эффект достигнут вкраплением в слои краски частиц слюды.

§ 47

КУЗОВ И АЭРОДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

Понятие «аэродинамика автомобиля» включает в себя много аспектов, важнейшими из которых являются:

— обеспечение минимальной силы сопротивления воздуха при движении автомобиля с целью уменьшения расхода топлива или повышения скорости движения;
— уменьшение аэродинамической подъемной силы, стремящейся оторвать автомобиль от дороги и снижающей сцепление колес с дорожным покрытием;
— снижение загрязнения стекол, ручек дверей и других поверхностей автомобиля;
— обеспечение оптимальных воздушных потоков для снабжения двигателя воздухом, его охлаждения, вентиляции салона;
— снижение аэродинамического шума.

Кузов автомобиля, особенно легкового, как наиболее крупная часть автомобиля, оказывает решающее влияние на характер взаимодействия автомобиля с воздушной средой.

Аэродинамическое сопротивление (или сопротивление воздуха), которое мешает двигаться автомобилю вперед, резко увеличивается (в квадратичной зависимости) с ростом скорости движения, а также зависит от площади поперечного сечения автомобиля и совершенства формы кузова, которое определяется коэффициентом воздушного сопротивления C_x. Основной способ уменьшения аэродинамического сопротивления — создание автомобилей с низким коэффициентом C_x, что особенно актуально для высокоскоростных автомобилей (легковые, спортивные). Обширные исследования аэродинамики, проведенные за последние 40 лет, позволили уменьшить коэффициент C_x легковых автомобилей практически в два раза и сэкономить в среднем около 1.5 л топлива на 100 км пути (рис. 7.15).

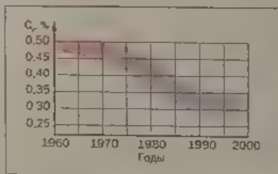


Рис. 7.15. **Снижение коэффициента C_x легковых автомобилей в конце XX века**

Этот эффект достигнут за счет выбора оптимальных углов наклона панелей кузова (ветрового и заднего стекол, капота, крышки багажника и т. д.), удалении с поверхности кузова мелких выступающих деталей (водосливных желобков на крыше, ободков фар, размещении щеток стеклоочистителей в нише под капотом), придание оставшимся выступающим деталям, например зеркалам, аэродинамических форм, сглаживания острых углов кузова (рис. 7.16).





Рис. 7.16. **Изменение аэродинамических свойств кузова автомобилей ВАЗ**

Кузов современного легкового автомобиля в профиль напоминает самолетное крыло (рис. 7.17).

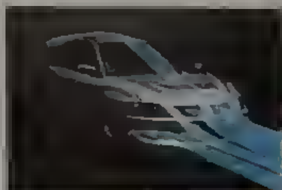


Рис. 7.17. **Кузов современного легкового автомобиля**

Поэтому при движении на автомобиль действует аэродинамическая подъемная сила, которая ухудшает управляемость, устойчивость и безопасность движения. При грамотном проектировании формы кузова подъемная сила может быть существенно снижена, более того, может быть обеспечена сила, прижимающая автомобиль к дороге. Иногда для увеличения прижимающей силы применяют дополнительные кузовные элементы — спойлеры и антикрылья (профиль перевернутого самолетного крыла) (рис. 7.18). Величина аэродинамической прижимающей силы для гоночного автомобиля при движении на большой скорости может в несколько раз превышать его вес.

Аэродинамика грузовых автомобилей и автобусов хуже, чем у легковых, что объясняется невозможностью принципиально поменять форму кузова: для оптимального размещения грузов и пассажиров основа кузова должна приближаться к прямоугольному параллелепипеду. Правда, и влияние аэродинамики на эксплуатационные свойства таких автомобилей меньше, что связано с более низкими скоростями движения грузовиков и автобусов.

Тем не менее в последние годы кабины и кузовы названных транспортных средств проектируются с учетом аэродинамических требований. Это проявляется в придании кабинам более округлых форм, увеличении угла наклона ветрового стекла, установке между кабиной и кузовом аэродинамических обтекателей и закрылков (рис. 7.19).

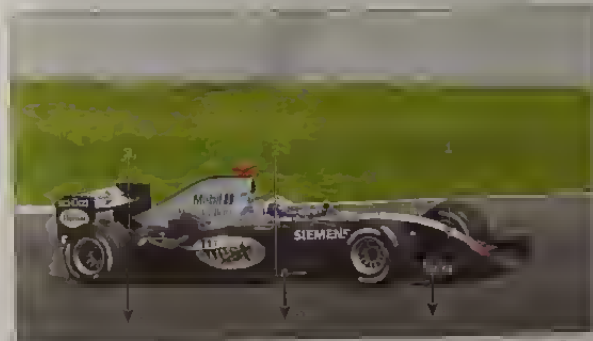


Рис. 7.18. **Схема установки аэродинамических элементов на гоночном автомобиле:** 1 — переднее антикрыло; 2 — боковая секция; 3 — заднее антикрыло; P_1, P_2, P_3 — аэродинамические прижимающие силы переднего крыла, боковой секции и заднего антикрыла соответственно



Рис. 7.19. Кабина грузового автомобиля Volvo FH



Рис. 7.20. Противогрязевые обтекатели автомобиля КамАЗ

Загрязняемость поверхностей кузова определяется его формой, расположением выступающих деталей и учитывается конструктором при проектировании кузова. Иногда для снижения загрязняемости боковых или задних стекол на кузове устанавливают дополнительные аэродинамические устройства (рис. 7.20), воздушный поток от которых отбрасывает летящую грязь.

§ 48

КУЗОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Распространено мнение, что чем прочнее кузов автомобиля, тем автомобиль безопаснее. В действительности это мнение глубоко ошибочно. Хотя автомобиль со смятой в гармошку в результате аварии передней частью производит гнетущее впечатление, но для пассажиров это может стать спасением. Если сделать кузов автомобиля прочным, как у танка, то при столкновении со стеной при скорости 50 км/ч, передняя часть деформируется не более чем на 10 см. При этом на пассажиров будет действовать замедление 100 g, а это значит, что их вес в момент удара увеличится в 100 раз. Такой прочный автомобиль останется практически неповрежденным, чего нельзя будет сказать о находящихся в нем людях. Кузовы современных автомобилей специально проектируются таким образом, чтобы его передняя и задняя части несущей конструкции легко деформировались и могли поглотить бóльшую часть кинетической энергии столкновения в течение нескольких сотых долей секунды.

Автомобиль должен обеспечивать два вида безопасности: активную и пассивную.

Активная безопасность представляет собой комплекс мер, направленных на предотвращение аварии. Эти меры обеспечиваются хорошей обзорностью с места водителя, эргономичностью, хорошей управляемостью и тормозными свойствами, информативностью и т. п.

Пассивная безопасность представляет собой меры, направленные на защиту водителя и пассажиров в случае аварии. Этот вид безопасности может быть обеспечен различными устройствами: надувными подушками безопасности, ремнями безопасности с преднатяжителями, мягкими панелями приборов, сминаемыми элементами каркаса кузова и т. д.

Элементы, образующие обитаемое пространство кузова (т. е. салон), должны иметь минимально возможные деформации, чтобы снизить тяжесть последствий аварии для пассажиров. Современный автомобиль, движущийся со скоростью 50 км/ч, после столкновения со стеной деформируется примерно на 80 см. На водителя и пассажиров при этом действует замедление порядка 20 g. При таком замедлении пассажиры автомобиля будут двигаться

по инерции и неизбежно столкнутся с приборной панелью, рулевым колесом или ветровым стеклом, что приведет к серьезному их травмированию. Поэтому для обеспечения пассивной безопасности в конструкции автомобиля, кроме гашения энергии при столкновении, должно быть обеспечено ограничение перемещения в нем водителя и пассажиров. В современных автомобилях эту функцию выполняют ремни и подушки безопасности.

БЕЗОПАСНОСТЬ НЕСУЩЕГО КУЗОВА

Современные автомобили имеют кузов с пространственной структурой, которая позволяет обеспечить разумную безопасность при воздействиях, возникающих в результате столкновений с любого направления. Однако статистика ДТП показывает, что наиболее опасным является лобовое столкновение. Первые официальные правила испытаний автомобилей на безопасность появились около 35 лет назад и были написаны для случаев лобовых столкновений. Сегодня требуется проводить оценку защиты против боковых наездов и ударов сзади. Большинство изготовителей автомобилей проводят собственные испытания на безопасность при переворачивании.

За последние годы выработался общий принцип, который заключается в том, чтобы разработать конструкцию несущего кузова таким образом, чтобы салон автомобиля остался бы максимально неповрежденным, в то время как передняя и задняя части были бы способны прогрессивно деформироваться, поглощая энергию столкновения. Разрушение передней и задней частей поглощает энергию столкновения через пластическую, т. е. необратимую деформацию металла. Конструктивно элементы кузова выполняются так, чтобы сминаемые элементы позволяли не только поглощать максимально возможное количество энергии, но и делали это наиболее плавно с целью минимизировать пиковое замедление. Основной метод заключается в обеспечении такой деформации, при которой коробчатые профили каркаса кузова сминаются путем продольного складывания (гармошки) (рис. 7.21).

Расположение и взаимодействие элементов каркаса задают таким образом, чтобы разрушение силовых элементов всегда начиналось в нужном месте, максимально гарантируя, что оно будет точно таким, как рассчитано на стадии проектирования. Для этого коробчатые профили, из которых изготавливают кузов, имеют углубления и выступы в определенных, строго рассчитанных местах, для получения концентрации напряжений.

При расчете характера разрушения, особенно передней части автомобиля, учитываются дополнительные силы инерции и жесткости таких деталей, как двигатель и передние колеса, входящие в контакт с препятствием.

Наиболее опасным и частым видом лобового столкновения является столкновение двух автомобилей с их поперечным смещением. Раньше проводились испытания на безопасность при лобовом ударе автомобиля в барьер, при котором имитировали смещение, направляя автомобиль под углом 30° к барьеру. Сейчас проводят испытания на столкновение при поперечном смещении автомобиля ударяющегося в край барьера. Такой подход имеет одно неудобство — даже смещение только на 1 см может привести к существенным различиям в полученных результатах, так что необходима большая точность в расположении испытываемого автомобиля и анализа полученных результатов. Сила столкновения приводит к деформации пространственной конструкции барьера со стороны автомобиля по всей его ширине

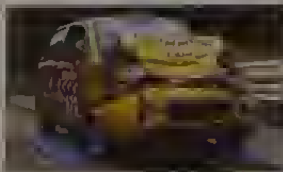


Рис. 7.21. Смятие передней части кузова при ударе

В настоящее время утвержден стандарт, в котором указывается, что столкновение с барьером должно происходить с 40 %-ным смещением автомобиля. Барьер представляет собой разборную металлическую сотовую конструкцию, которая может имитировать способность к разрушению встречного транспортного средства.

Стандарт Euro-NCAP устанавливает, что испытания на столкновение проводятся со скоростью 64 км/ч. Euro-NCAP не является узаконенным стандартом, но он поддержан множеством правительственных и других организаций. Большинство ведущих производителей автомобилей проводят свои испытания и на более высоких скоростях. Необходимо отметить, что энергия удара при столкновении возрастает в квадратичной зависимости от скорости движения, т. е. при столкновении на скорости 80 км/ч кузов должен поглотить на 56 % больше энергии, чем при скорости 64 км/ч. Автомобильные кузовы, выпускаемые с начала 1990-х гг., как правило, выдерживают эти испытания.

У кузова легкового автомобиля при лобовом столкновении, часто сильно деформируется область со стороны ног водителя, которая приводит к опасному перемещению педалей. В кузовах последних моделей усиливают эту область, а также разрабатываются конструкции безопасных педалей, которые отламываются и не травмируют ноги водителя. Конструкция дверей автомобиля должна обеспечивать возможность их открывания после лобового столкновения.

ЗАЩИТА ОТ БОКОВОГО УДАРА

Если раньше считалось почти невозможным обеспечить эффективную защиту от бокового столкновения, т. к. автомобили нельзя сделать такими широкими, чтобы обеспечить существенное поглощение энергии столкновения без большого смещения боковых элементов кузова внутрь салона, то недавно производители пришли к выводу, что эффективную защиту от бокового удара все же можно обеспечить, разложив ее на три этапа.

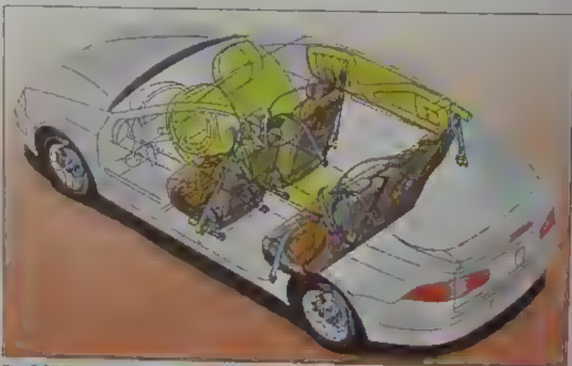


Рис. 7.22. Системы пассивной безопасности

На первом этапе удар должен восприниматься боковыми элементами кузова (центральной стойкой, порогами и элементами проема дверей). На следующем этапе сопротивление ударной нагрузке начинают оказывать усилители внутреннего каркаса двери и запорные элементы двери. Наконец, риск травмирования пассажира может быть снижен применением боковых подушек безопасности и заполнением внутренних полостей двери пористым материалом. Все современные системы пассивной безопасности пассажиров автомобиля Renault Laguna II представлены на рис. 7.22. Инерционно-роликовые привязные ремни для пяти пассажиров включают механизмы преднатяжения (с двумя режимами для водителя) и ограничители, в то время как имеются три различные системы подушек безопасности: лобовая, установленная в приборной панели, боковая, установленная в задних частях передних сидений, и «занавес», установленный в усилителях крыши. Моменты срабатывания для подушек и механизмов натяжения должны быть тщательно скоординированы.

Использование этих принципов в современных автомобилях дало положительный эффект, и травмирования пассажиров и водителя при боковых столкновениях уменьшились. Однако нужно учитывать, что при столкновении с легко сминаемым транспортным средством боковая защита достаточно эффективна, но от столкновения с деревом или столбом такая защита не всегда сможет спасти.

ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПАССАЖИРОВ

Ограничение перемещения пассажиров при столкновениях автомобилей достигается использованием в основном ремнями и подушками безопасности.

В большинстве развитых стран, законодательство требует обязательного использования ремней безопасности (по крайней мере, на передних сиденьях). Исключение составляют некоторые штаты Америки, где широко используются надувные подушки безопасности. Они, как

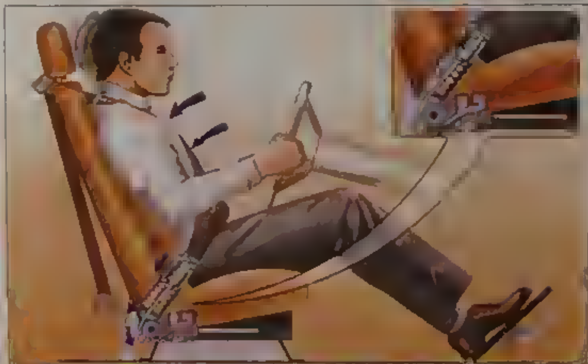


Рис. 7.23. Схема крепления ремня безопасности с преднатяжителем

подушки имеют большие размеры и приводятся в рабочее состояние (надуваются) с очень большой скоростью, что может привести к опасности травмы от самой подушки. На сегодняшний день наиболее эффективной системой пассивной безопасности является сочетание надувных подушек с ремнями безопасности, имеющими устройства для предварительного натяжения.

В автомобилях чаще всего используют ремни диагонально-поясного типа. Ремни закреплены в трех точках: на стойке кузова, на пороге и на специальной тяге с замком. В последнее время совершенствование конструкции ремней безопасности ведется по трем направлениям: улучшение их эргономики, обеспечение дополнительных средств преднатяжения ремней в случае столкновения и ограничение нагрузки, приложенной к груди диагональным ремнем. Улучшение эргономики заключается в создании более удобных ремней и правильном их расположении, для обеспечения максимальной защиты. Ремень должен иметь возможность регулировки высоты крепления верхней точки ремня относительно плеча, в то время как внутренняя скоба теперь обычно крепится к сиденью, а не к тоннелю кузова, гарантируя правильное положение поясного ремня безопасности, независимо от размеров пассажира.

Ремни безопасности с натяжителями способствуют лучшему удержанию водителя и пассажиров при аварийной ситуации. Устройства преднатяжения могут быть механические или пиротехнические (рис. 7.24); в любом случае их цель заключается в том, чтобы устранить любое провисание ремня на теле человека, гарантируя этим надежное удержание его на сиденье. Механизм преднатяжения часто дополняется инерционными катушками, которые предотвращают провисание ремня вокруг барабана, что позволяет исключить затраты времени на выбор зазоров при столкновении.

Пиротехнические натяжители срабатывают, когда встроенный в систему датчик регистрирует превышение ранее заданного порога замедления, свидетельствующего о начале столкновения. При этом включается детонатор пиротехнического патрона. При взрыве патрона выделяется газ, давление которого действует на поршень, соединенный с ремнем безопасности. Поршень быстро перемещается и натягивает ремень. Обычное время срабатывания устройства составляет не более 25 мс после начала удара.

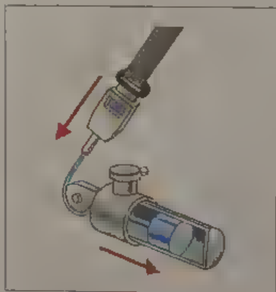


Рис. 7.24. Пиротехнический преднатяжитель, действующий на замок ремня безопасности и подтягивающий к себе лямки одновременно

Чтобы избежать превышения нагрузки на грудь, такие ремни имеют ограничители усилия натяжения. Ограничители работают следующим образом: вначале достигается максимум разрешенной нагрузки, после чего механическое устройство позволяет пассажиру продвинуться вперед на некоторое расстояние при поддержании нагрузки на постоянном уровне. Фирма Renault первой установила такую систему на серийном автомобиле, с тех пор эти системы стали широко распространенными. Инерционная катушка с блокировкой устанавливается на скобе, ограничивающей усилие воздействия ремня на тело человека (рис. 7.25). Ограничение усилия достигается контролируемым ослаблением натяжения ремня путем пластического углового деформирования стержня (оси инерционной катушки). Такое устройство уменьшает усилия, действующие на грудную клетку, шею и голову на 30–50 %.

Рис. 7.25. **Инерционная катушка ограничивающая усилие**

В области создания средств пассивной безопасности для детей, находящихся в автомобиле, в последнее время был достигнут значительный прогресс. Был принят стандарт ISOFIX регламентирующий порядок установки детских защитных устройств, со стандартными элементами крепления, которые должны применяться на всех автомобилях для стран Евросоюза (рис. 7.26). Основная задача состоит в том, чтобы места крепления сидений, соответствующие стандарту, легко устанавливались в любом автомобиле, оборудованном ISOFIX, без риска ошибки.

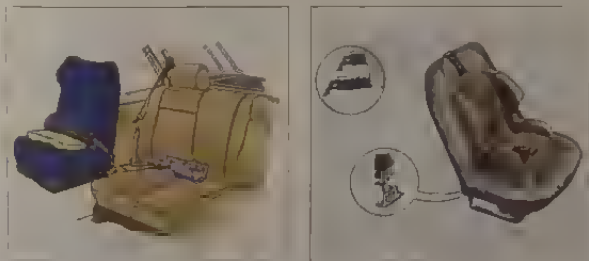


Рис. 7.26. **Варианты крепления детских сидений по стандарту ISOFIX**

Надувная подушка безопасности представляет собой мешок из синтетической ткани. Подушка безопасности для водителя размещается в ступице рулевого колеса, а подушка безопасности для переднего пассажира — в передней панели кузова. В случае лобового столкновения происходит мгновенное наполнение подушек газом, они надуваются перед водителем и пассажиром, что защищает от травм головы и грудной клетки. Надувные подушки безопасности заполняются газом с помощью пиротехнического патрона (или от баллона, в котором газ находится под высоким давлением). Срабатывание устройства происходит в том случае, если замедление достигает заданного уровня, свидетельствующего о столкновении. На это замедление реагирует специальный датчик. Он посылает сигнал детонатору, который взрывает пиротехнический патрон. При взрыве выделяется большое количество газа, подушка быстро расширяется, разрывает пенополиуретановый корпус, закрепленный на ступице рулевого колеса, и упирается в грудную клетку водителя. При достижении заданного давления газа в подушке, происходит разрыв специального шва и газ начинает постепенно выходить через образовавшиеся отверстия. Подушка безопасности наполняется газом примерно за 30 мс. Объем подушки безопасности для водителя на европейских автомобилях примерно равен 60 л, а объем подушки для переднего пассажира — 150 л. В комплект устройства, кроме самой подушки и детонатора с пиротехническим патроном, входят датчики удара, управляющий блок (с микропроцессором), блок питания (иногда автономный, с сухой батареей, заряда которой хватает на 4 года). Компьютер проводит постоянное тестирование устройства и в случае обнаружения неисправности включает световой сигнализатор.

Подушка безопасности может нанести большой вред человеку маленького роста или ребенку, если в случае аварии произойдет ее наполнение и она придет в соприкосновение с головой, а не грудью человека. Многие из современных автомобилей оборудуются специальными датчиками, отслеживающими вес пассажира. В простейшем варианте подушки безопасности отключаются, если место занято невысоким пассажиром. Наиболее совершенные системы используют двухступенчатое наполнение подушки безопасности, а в некоторых автомобилях для управления работой подушек используются ультразвуковые датчики, которые определяют не только размеры человека, но и положение, которое он занимает на сиденье (рис. 7.27).

Информация о пассажире может быть объединена с расчетным определением тяжести столкновения с целью регулирования процесса наполнения подушки безопасности: полное наполнение, частичное или вообще отсутствие наполнения.



Рис. 7.27. **Ультразвуковые датчики положения пассажира**

Боковые надувные подушки безопасности, оснащенные собственными газогенераторами, располагаются сбоку в спинках передних сидений (рис. 7.28). Надуваясь, боковая подушка безопасности разрывает крышку корпуса, поролон и обивку сидений. Хорошую защиту от бокового удара обеспечивает сочетание боковых подушек безопасности и надувных занавесов, которые при срабатывании раздуваются сверху вниз от боковой части крыши автомобиля.

В последнее время появились подушки безопасности, располагаемые в задних частях передних сидений или в задних ремнях безопасности, для защиты пассажиров задних сидений, а также подушки раздувающи

Рис. 7.28. **Боковые подушки безопасности**

ется в области ног, чтобы уменьшить риск травмирования ног. Появляются также опытные конструкции внешних надувных устройств для снижения травмирования пешеходов при наезде на них автомобиля (рис. 7.29).

Удар в заднюю часть автомобиля, как правило, не имеет таких тяжелых последствий, как лобовое столкновение. В свое время существовали проекты безопасных автомобилей, в которых водитель и пассажиры сидели спиной к направлению движения, а контроль за дорогой осуществлялся с помощью телекамер и мониторов. При ударе в заднюю часть автомобиля, пассажиры и водитель обычного автомобиля за счет инерционных нагрузок вжимаются в сиденья. Единственной опасностью является отклонение головы назад с возможностью повреждения шейных позвонков. Для снижения тяжести последствий таких аварий были созданы подголовники, устанавливаемые на спинке сиденья. Обычные подголовники не могут гарантировать полной безопасности. На современных автомобилях появляются сиденья с активными подголовниками, которые после срабатывания датчика столкновения перемещаются в сторону головы человека и уменьшают нагрузку на шейные позвонки (рис. 7.30)



Рис. 7.29. **Внешние надувные подушки**



Рис. 7.30. **Сиденье с активными подголовниками. На рисунках показаны принципы действия сиденья с активным подголовником в момент удара сзади**



Рис. 7.31. **Аккумулятор с отключаемыми клеммами (BMW)**

Компания Volvo применяет на своих автомобилях систему WHIPS, которая существенно снижает последствия удара сзади за счет специальной конструкции передних сидений.

Особое внимание при создании автомобиля уделяется системам пассивной безопасности, не допускающим возможности возгорания автомобиля после аварии. Топливные баки современных автомобилей размещают в местах, где они наименее подвержены повреждению, а системы питания двигателей снабжаются автоматическими клапанами, отключающими подачу топлива в случае аварии. Устройства аналогичного назначения разрабатываются и для системы электрооборудования (рис. 7.31).

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Разработка систем безопасности автомобиля идет постоянно. Каждый год появляются системы (в основном электронные), которые делают автомобиль все более безопасным как для водителя и пассажиров, так и для других участников дорожного движения и пешеходов. На сегодняшний день основным направлением повышения безопасности является увеличение «зоны безопасности» вокруг автомобиля электронными средствами. Уже имеются системы, обнаруживающие близлежащие, но не видимые водителю объекты. Эти системы, в частности, помогают водителю при парковке автомобиля.

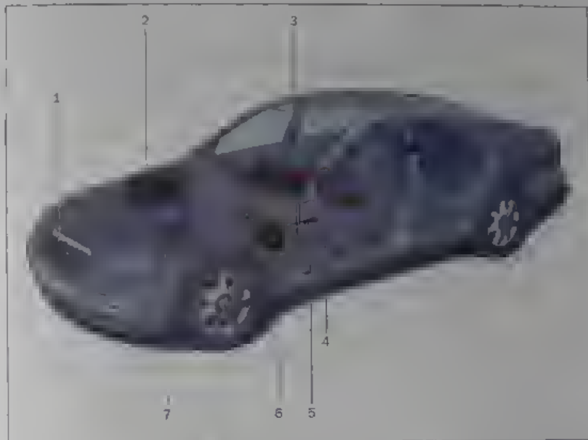


Рис.7.32. **Система раннего предупреждения о возможности столкновения Distronic:** 1 — радарный датчик расстояния; 2 — блоки управления двигателем, трансмиссией и ESP; 3 — приборный щиток с дисплеем Distronic; 4 — рычаг круиз-контроля; 5 — контрольный блок; 6 — вакуумный усилитель; 7 — блок управления Distronic

Аналогичные системы могут использоваться для обнаружения движущихся объектов. Например, в случае бокового столкновения должен быть чрезвычайно малый промежуток времени между моментами удара и наполнения боковой подушки. Если бы датчик мог предупреждать даже за долю секунды до столкновения, можно было бы обеспечить лучшую защиту. Даже при лобовом столкновении раннее предупреждение может сыграть положительную роль для вычисления характера и серьезности столкновения и создать наиболее оптимальное срабатывание систем безопасности (подушек, натяжителей ремней и т. д.). Раннее предупреждение удара сзади может обеспечить наилучшее срабатывание системы активных подголовников. Поэтому сейчас многие исследователи занимаются созданием защитного пространства вокруг автомобиля с помощью электроники, использующей датчики, сканирующие пространство вокруг автомобиля в различных направлениях. Например, система Distronic (рис. 7.32) автомобиля Mercedes-Benz S-класса может автоматически поддерживать расстояние до впереди идущего автомобиля и при необходимости сбрасывать обороты двигателя, включать торможение и систему ESP.

Подобные системы, даже по современным стандартам, должны быть чрезвычайно «умными». Они должны учитывать случаи, когда подушки безопасности не должны срабатывать, например: автомобиль припарковался очень близко к другому автомобилю, или к стене гаража, или даже случайно задел другой автомобиль. Для создания работоспособных систем безопасности такого типа нужно решить еще очень много проблем, но это направление является наиболее важным из числа тех, которые призваны модернизировать системы защиты.

§ 49

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ КУЗОВА

За время существования автомобиля он обрастал различными дополнительными устройствами. Некоторые устройства обеспечивают удобство вождения, другие отвечают за безопасность, а третьи создают определенный комфорт для водителя и пассажиров. Сегодня современный автомобиль трудно себе представить без некоторых дополнительных устройств и систем.

СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Хорошее освещение дороги перед автомобилем всегда было одним из основных требований безопасности движения. Автомобильные фары прошли путь от керосиновых и ацетиленовых фонарей до современных высокоэффективных систем освещения. В настоящее время большинство автомобилей оборудуется фарами с галогенными лампами, которые более эффективны, чем обычные лампы накаливания. В то же время появляется все больше автомобилей, в фарах которых монтируются газоразрядные лампы, которые еще недавно устанавливались только на автомобилях представительского класса. За последние несколько лет радикально изменились форма отражателя и технология изготовления фар.

В фаре с газоразрядной лампой источником света является электрический разряд, проходящий между двумя электродами, которые расположены внутри колбы из кварцевого стекла. Колба заполнена под давлением смесью инертного газа ксенона и металла галогена. Такие фары часто называют ксеноновыми. Освещение разрядом высокой интенсивности (HID — High Intensity Discharge) обеспечивает более низкое потребление энергии, большую долговечность и лучший световой поток. Ксеноновая лампа мощностью 35 Вт производит вдвое больший световой поток, чем галогенная лампа мощностью 60 Вт. Цветовая температура таких ламп почти соответствует дневному свету. Долговечность газоразрядных ламп достигает 3 000 ч, и это не является пределом, потому что конструкция фар, использующих принцип HID, постоянно совершенствуется. К сожалению, такие фары пока еще достаточно дороги.

Некоторые разработчики предлагают системы освещения, в которых свет создается единственным HID-источником, находящимся в специальной камере внутри автомобиля, а передается к фарам по оптоволоконным проводникам. Такая система позволит уменьшить число необходимых ламп, делает более легким размещение системы высокого напряжения и защищает наиболее дорогие элементы системы освещения от возможного повреждения при аварии. Дополнительные преимущества этой системы заключаются в том, что в осветительных приборах свет является холодным, что позволяет использовать прозрачные пластмассовые материалы, которые не могут применяться в высокотемпературных обычных лампах. Очевидно, что центральный источник света должен быть продублирован, для избежания выхода из строя всего освещения автомобиля из-за единственной неисправности. Свет высокой интенсивности может привести к временному ослеплению встречных водителей, особенно в случае неправильного направления светового луча фар. В Европе действует законодательство, которое требует, чтобы автомобили с газоразрядными фарами были оборудованы системами автоматической регулировки, корректирующими положение фар при изменении нагрузки автомобиля. В системах автоматической регулировки положения фар используются датчики, измеряющие положение элементов подвески относительно кузова.







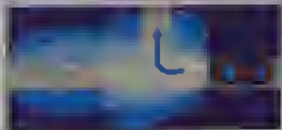


Рис. 7.33. **Расположение и типы внешних световых приборов автомобиля (а):** 1 — передние фары; 2 — задние фонари; 3 — освещение номерного знака; 4 — подсветка дверных ручек, 5 — внешнее освещение двери; 6 — противотуманные фары; **регулируемые (поворачивающиеся) фары (б) и современные системы головного освещения автомобиля с регулируемыми световыми потоками (в)**

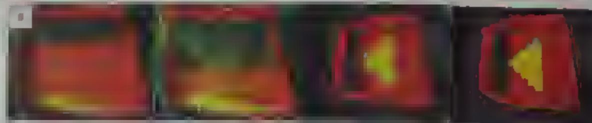
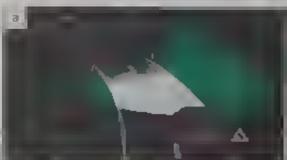






Рис. 7.34. **Приборы освещения: а — фонари; б — подсветка фар BMW; в — подсветка дверных ручек**

Проводятся исследования по использованию ультрафиолетовых ламп в целях устранения возможности ослепления встречных водителей. Дополнительные преимущества от применения таких ламп могут быть получены, если использовать специальную отражающую краску для дорожной разметки и знаков.



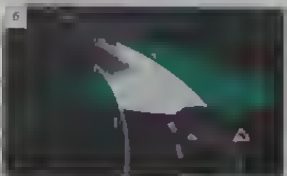


Рис. 7.35. **Освещение дороги фарами ближнего света: а — обычными фарами с асимметричным лучом; б — активной системой освещения**

Существуют опытные образцы автомобилей, которые оборудованы инфракрасными видеокамерами, которые гораздо лучше обнаруживают объекты в темноте или в тумане, особенно при использовании их в сочетании с инфракрасными фарами.

Последние разработки в области систем освещения автомобиля направлены на создание «интеллектуальных» фар (рис. 7.33), изменяющих световой поток по интенсивности, направлению и освещаемой площади (см. рис. 7.35): эти фары, в частности, поворачиваются при повороте автомобиля и освещают труднодоступные участки дороги, а также боковые участки дорог на перекрестке.

В конструкции подфарников, фонарей сигналов торможения, указателей поворотов все чаще на смену лампам накаливания приходят светодиодные матрицы, которые потребляют меньше энергии, более долговечны, а световые приборы становятся более информативными (рис. 7.34).

В некоторых странах законодательство требует обязательного применения на автомобилях систем очистки фар. Для этой цели часто применяются щеточные стеклоочистители, но им на смену приходят распылители очищающей жидкости высокого давления.

СТЕКЛООЧИСТИТЕЛИ

Сейчас уже трудно представить, что когда-то были автомобили, не имевшие стеклоочистителей. С момента их появления было опробовано много разных методов очистки стекла от дождя, включая обработку стекла специальным составом, который почти полностью устраняет поверхностное натяжение, так чтобы вода на ветровом стекле скатывалась каплями, не ухудшая обзорность. Тем не менее основным устройством для очистки стекла остаются механические щетки.

Используются различные методы улучшения качества механической очистки стекла. Некоторые изготовители применяют сложные приводы щетки стеклоочистителя в попытке очистить «слепые» зоны, оставляемые после работы обычного стеклоочистителя, движущегося по дуге. В некоторых автомобилях Mercedes используется одна щетка стеклоочистителя. Во время работы устройство выдвигает щетку к верхним углам ветрового стекла, очищая большую его область, чем две обычных щетки.

Фирмы Bosch и Valeo предлагают использовать для каждой щетки стеклоочистителя индивидуальные электродвигатели вместо одного двигателя со сложной и громоздкой кинематикой. Работой этих двигателей может управлять электроника, обеспечивающая не только синхронную работу стеклоочистителя, но и возможность удаления щеток из поля зрения водителя, после окончания очистки стекла. Датчики дождя (рис. 7.36), способные «видеть» капли воды на стекле и включать стеклоочистители автоматически, теперь начинают появляться на автомобилях массового производства.

Кроме того, для очистки ветрового стекла (а иногда и заднего) применяются стеклоомыватели, состоящие из бачка с запасом воды, электроприводного насоса, обратных клапанов, трубок и жиклеров-распылителей.

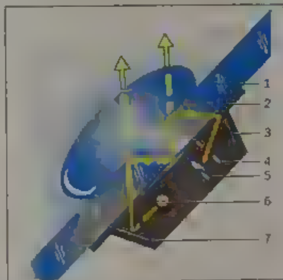


Рис. 7.36. Схема датчика дождя: 1 — капля дождя; 2 — ветровое стекло; 3 — зеркало; 4 — диафрагма; 5 — фотодатчик; 6 — источник света; 7 — зеркало

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Водитель, находящийся за рулем автомобиля, постоянно должен следить за показаниями приборов, находящимися на приборном щитке. Некоторое время назад считалось, что чем больше приборов имеет автомобиль, тем лучше. Стрелочные приборы позволяли узнавать о давлении и температуре масла, температуре охлаждающей жидкости, напряжении и силе тока в электрической сети и т. п. Сегодня наблюдается другая тенденция — обеспечивать водителя только самой необходимой информацией. Практически

основной и необходимой водителю информацией являются данные о скорости движения, количестве топлива в баке, температуре охлаждающей жидкости и частоте вращения коленчатого вала.


Рис. 7.37. **Элементы контрольно-измерительных приборов**

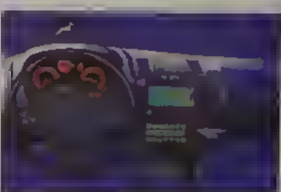
Хотя большинство автомобильных приборов все еще традиционно выполняются круглыми и со стрелками, сейчас все чаще используется технология электронного дисплея (рис. 7.37).

Информация о скорости автомобиля поступает теперь на спидометр не от гибкого троса, соединенного ведомым валом с коробкой передач, а от компьютера АБС. Такой способ определения скорости движения не только надежнее, но и точнее.

В конструкциях некоторых автомобилей используются устройства с виртуальным дисплеем, который проецирует изображение показаний приборов на ветровое стекло, на значительном расстоянии перед автомобилем (рис. 7.38). Виртуальный дисплей создает перевернутое изображение, но оно, снова оптически обработанное, появляется впереди на некотором расстоянии. Такие устройства уменьшают потребность в переносе взгляда между дорогой и приборами.

Часть информации водитель получает с помощью ламп аварийной сигнализации. Некоторые автомобили имеют большое световое табло, которое, привлекая внимание водителя, информирует его о возможных нарушениях в работе разных систем автомобиля. В некоторых случаях лампы аварийной сигнализации объединяются в графическую тестовую панель, на которой появляются предупреждающие надписи, а также рисунки-пиктограммы, демонстрирующие, какая дверь автомобиля




Рис. 7.38. **Виртуальный дисплей**

заплыва не полностью, а иногда и дающая информацию о давлении в шинах. Некоторая информация подается звуковыми сигналами, например чтобы напомнить водителю о том, что он забыл выключить освещение.

В настоящее время все больше автомобилей оснащаются системами электронной парковки, использующими ультразвуковые датчики расстояния. Система парковки, как правило, включается автоматически при включении передачи заднего хода. Водитель оценивает расстояние до препятствия посредством линейки цветных огней в углу зеркала заднего вида, а при уменьшении расстояния до препятствия ниже определенного предела включается звуковой сигнал. Некоторые автомобили не только высокого, но и среднего класса оборудуются видеокамерами заднего обзора, выводящими изображение на дисплей, расположенный перед водителем.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

На рынке сейчас предлагается много систем, которые обеспечивают водителя навигационной информацией, показывают текущее местоположение автомобиля на улично-дорожной сети и предлагает более удобный маршрут для поездки к месту назначения.

Принципы автоматической навигации хорошо разработаны, и конкурирующие системы отличаются друг от друга только в деталях аппаратных средств ЭВМ и программного обеспечения. Географическая информация сохраняется на CD и DVD, что дает возможность оперативного обновления и позволяет использовать одну навигационную систему для различных местностей. Положение транспортного средства определяется с помощью спутниковых данных Глобальной системы позиционирования (GPS — Globel Positioning System). Система GPS должна постоянно пересчитывать положение автомобиля после попадания в «мертвые точки» (например, тоннели или области «радиотени» в больших городах).

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются мощные системы, способные воспринимать информацию в реальном масштабе времени от информационных систем движения. Они предупреждают водителя о пробках на дорогах, местах стоянки и отдыха, заправочных станциях и позволяют навигационной системе автоматически повторно вычислять самый короткий маршрут, если на ранее рассчитанном маршруте возникают транспортные заторы и задержки движения.

Для отображения информации используются дисплеи с ярким и четким экраном (рис. 7.39).

В наиболее современных системах используется речевое управление с синтезаторами речи, что дает возможность водителю управлять различными устройствами с помощью собственного голоса, а также получать информацию в виде голосового сопровождения, не отвлекаясь от управления автомобилем. Используя такие устройства, например, на некоторых автомобилях Jaguar, водитель через голосовую связь «общается» с автомобилем, заставляя его выполнить определенную операцию. В настоящее время, чтобы пользоваться такой системой, водитель должен изучить небольшой список стандартных фраз.

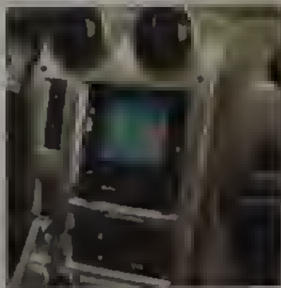


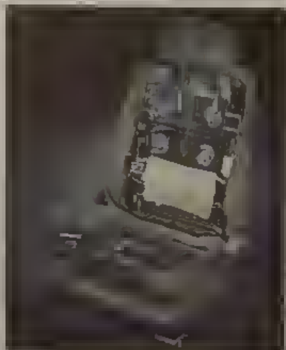
Рис. 7.39. Дисплей навигационной системы

Для того чтобы водитель и пассажиры ощущали себя в автомобиле комфортно и не утомлялись в продолжительных поездках, автомобильный кузов должен иметь соответствующее оборудование. Наиболее важным является наличие эргономичных и удобных сидений, которые должны равномерно распределять нагрузку от тела пассажира по подушке и спинке. Люди имеют различные габариты и массу, поэтому сиденье, особенно водительское, должно иметь разные регулировки, чтобы обеспечить возможность управления автомобилем без необходимости изменять свое положение в попытке дотянуться до рулевого колеса, педалей или кнопок.

Почти все передние сиденья легкового автомобиля позволяют регулировать продольное положение и угол наклона спинки сиденья. Некоторые сиденья имеют также регулировку по высоте. Механизмы регулировки могут быть простыми механическими или с электроприводом. Сиденья с электроприводом часто оборудуются запоминающими устройствами с памятью на несколько положений, для удобства использования автомобиля разными водителями.

Большинство современных автомобилей имеют механизмы регулировки положения рулевого колеса. Рулевое колесо может занимать различные положения в вертикальной (изменяя наклон) и продольной плоскости (изменение длины рулевого вала). Регулировка положения рулевого колеса может производиться вручную или с применением электропривода; в последнем случае несколько положений могут запоминаться. Некоторые автомобили Audi продаются с несколькими комплектами ключей, которые имеют брелоки разного цвета, предназначенные для различных членов одной семьи. При нажатии кнопки брелока отключается сигнализация, открываются двери автомобиля, а сиденье и рулевое колесо устанавливаются в положение, которое было задано заранее под конкретного водителя.

Каркас передних сидений изготавливается из стальных элементов, на которые накладываются подпружиненные подушки из пенополиуретана. Нижняя подушка сиденья обычно имеет поперечный выступ в передней части, который предотвращает «подныривание» под нижнюю часть ремня безопасности в случае лобового столкновения. Правила безопасности требуют, чтобы места крепления сидений к полу были достаточно прочными для предотвращения отрыва сиденья в момент столкновения. Спинка сиденья не должна складываться, если в нее ударяется пассажир, расположенный за этим сиденьем.


Рис. 7.40. **Сиденье с обдувом**

Конструкция отдельных сидений дает возможность изменять его форму для большего удобства. С этой целью внутри сиденья располагаются надувные полости, объем которых можно увеличивать или уменьшать с помощью ручного насоса или специального компрессора с электроприводом. Под обивкой некоторых сидений располагают нагревательные элементы, а интенсивность нагрева может регулироваться. Появились сиденья, в которые встроена целая система вентиляторов, обеспечивающих обдув через пористую структуру обивки подушки и спинки сиденья (рис. 7.40).

Новые автомобили Mercedes-Benz E-класса комплектуются сиденьями, в которых имеются надувные полости, обеспечивающие боковую поддержку водителя. Управление

объемом этих полостей осуществляется компьютером, который получает сигнал от датчика боковых ускорений и изменяет объем полостей справа или слева в зависимости от направления и скорости прохождения поворота.

Современные грузовые автомобили и автобусы, особенно предназначенные для дальних поездок, также оборудуются комфортабельными сиденьями, имеющими большой диапазон регулировок. Такие сиденья имеют пружинную или пневматическую подвеску с амортизаторами. Наиболее совершенные конструкции автоматически определяют вес водителя и соответствующим образом изменяют упругие и гасящие свойства подвески сиденья.

ОБОГРЕВ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Производители автомобилей постоянно стараются повысить комфортабельность салона автомобиля. Первые автомобили были открытыми и не защищали пассажиров от непогоды. Автомобили 20-х гг. уже имели крышу, которая защищала пассажиров задних сидений автомобиля. Автомобили с закрытым кузовом и отапливаемым салоном появились в 1950 г. В 70-е гг. стали широко применяться автомобильные кондиционеры.

Современные системы вентиляции и отопления стали более совершенными и производительными и могут обеспечить водителя и пассажиров более высоким уровнем комфорта.

В настоящее время практически все автомобили оборудуются отопителями, которые смешивают потоки горячего и холодного воздуха. Большие бесшумные и многоскоростные вентиляторы заменили воздухозаборники нагнетательного типа, уменьшив зависимость работы систем отопления и вентиляции от скорости движения автомобиля. Получают все большее распространение терморегуляторы с электронным управлением, поддерживающие заданный уровень температуры в салоне. Для сокращения нежелательного солнечного нагревания через окна и особенно через ветровое стекло используют тонированные стекла и отражающие металлизированные покрытия.

Типичная минимальная комплектация серийного автомобиля состоит из отопителя смешивающего типа, многоскоростного и малошумного центробежного вентилятора и направляющих каналов с заслонками, которые распределяют воздух к ветровому и боковым окнам и в салон автомобиля на уровне лица и нижней части ног.

Использование отопителя для оттаивания замерзшего стекла в холодное время года приводит к замедлению прогрева двигателя, поэтому все большее распространение получают ветровые стекла с электрическим нагревателем. Современные проволочные нагреватели вставляются внутрь стекла в процессе производства. Толщина проводников настолько мала, что они практически невидимы и поэтому не ухудшают обзорность. Электрический обогрев стекол не только быстр и эффективен, но и помогает двигателю быстрее прогреваться, создавая дополнительную нагрузку через генератор.

Системы вентиляции многих автомобилей комплектуются эффективными фильтрами. Кроме фильтров, которые задерживают пыль и твердые частицы, используются фильтры с активированным углем, улавливающие загрязняющие вещества и запахи.

Отопление салона кузова автобуса обычно осуществляется с помощью калориферной системы, использующей теплый воздух от радиатора системы охлаждения двигателя. Теплый воздух поступает в отопительные каналы кузова и из них в салон и кабину водителя. Вентиляция салона кузова автобуса производится через систему отопления, через открывающиеся боковые окна, вентиляционные люки, расположенные в крыше над проходом пассажирского салона, и через воздухозаборник, находящийся в передней части автобуса.

Подавляющее большинство автомобилей в США и Японии теперь оснащены кондиционерами, доля европейских автомобилей с кондиционерами также постоянно увеличивается.

Кондиционирование воздуха в салоне автомобиля обеспечивает создание наиболее комфортного микроклимата. Для охлаждения воздуха в салоне автомобиля используются известные физические принципы, в соответствии с которыми при быстром расширении жидкости или газа, находящегося под давлением, происходит падение температуры, поскольку снижение давления сопровождается поглощением теплоты из окружающей среды. Другим источником холода могут служить затраты тепла на испарение жидкости. Если капнуть на руку какой-либо летучей жидкости (спирт, эфир), она начнет испаряться и в этом месте почувствуется холод. В кондиционерах используются оба этих явления.

В простейшем кондиционере (рис. 7.41) имеется баллон (ресивер), в котором под давлением находится жидкий хладагент с температурой окружающей среды.

Хладагент выходит из ресивера по трубопроводу и через редуктор давления поступает в испаритель. Испаритель ускоряет процесс испарения. Для этого он имеет большую поверхность и является теплообменником между хладагентом и окружающим воздухом. Для ускорения прохождения воздуха через испаритель используется вентилятор, который может продувать воздух, поступающий снаружи автомобиля или циркулирующий внутри салона. Хладагент, пройдя через редуктор, постепенно испаряется внутри змеевика испарителя, и охлаждается, отдавая холод воздуху, проходящему через испаритель. Из испарителя хладагент выходит в газообразном состоянии и при низком давлении. Для того чтобы цикл охлаждения происходил постоянно, необходимо сжать газ и перевести его в жидкое состояние. С этой целью используют компрессор и конденсатор. Газообразный хладагент по трубопроводу поступает в компрессор, который приводится в действие от вала двигателя. Компрессор сжимает газ до высокого давления. Для охлаждения сжатого газа используется еще один теплообменник — конденсатор, который устанавливается перед радиатором системы охлаждения двигателя. Сжатый хладагент охлаждается в конденсаторе продуваемым воздухом и переходит в жидкую фазу, после чего возвращается в ресивер, и цикл может повторяться.

Долгое время в автомобильных системах кондиционирования применялся хладагент, принадлежащий к классу хлорфторуглеродных химических соединений (CFC) и называемый фреоном (например, фреон 12). Из-за возможного разрушения озонового слоя Земли и общей токсичности во многих странах использование фреона запрещается. Производители автомобилей вынуждены были перейти к хладагенту R134a. Этот хладагент относится к классу гидрофторуглеродов (HFC), не содержит хлора и не очень вреден. Однако для эффективной работы автомобильных кондиционеров, использующих R134a, требуется более высокое рабочее давление.

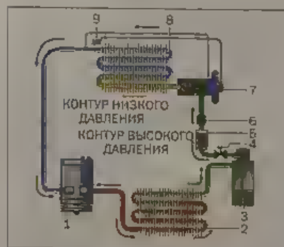


Рис. 7.41. **Принципиальная схема кондиционера:** 1 — компрессор с электромагнитной муфтой; 2 — конденсатор; 3 — ресивер; 4 — кран; 5 — фильтр; 6 — смотровое окно; 7 — редукционный клапан; 8 — испаритель; 9 — датчик температуры

Ресивер кондиционера не только обеспечивает хранение хладагента, но фильтрует его и удаляет влагу (иногда фильтр устанавливается отдельно от ресивера). Влага удаляется с помощью специального адсорбента, который имеет ограниченный срок службы. Ресивер не ремонтируется и подлежит замене в случае выхода из строя. Попадание воздуха в систему приводит ресивер в негодность.

Редуктор понижает давление жидкого хладагента и управляет его расходом в зависимости от температуры на выходе из ис-

парителя. В редукторе имеется терморегулятор, который уменьшает подачу жидкого хладоагента, если температура выходящего из испарителя хладоагента очень низкая, что, в свою очередь, указывает на неполное его испарение.

Испаритель выполнен в виде нескольких змеевиков, изготовленных из алюминиевых трубок (для R134a). При работе кондиционера на трубках испарителя конденсируется влага, содержащаяся в воздухе. Капли влаги собираются в поддоне и удаляются через трубопровод под автомобиль. Вода, собирающаяся под автомобилем с работающим кондиционером, не является следствием неисправности его агрегатов.

Наиболее распространенным типом компрессоров автомобильных кондиционеров являются поршневые (рис. 7.42). Вал компрессора приводится в действие от коленчатого вала двигателя с помощью ременной передачи и электромагнитной муфты.

С ведущим валом компрессора соединена наклонная шайба, которая при своем вращении перемещает несколько (5–7) поршней. Корпус с цилиндрами закрыт крышкой с системой клапанов. Существуют поршневые компрессоры переменной производительности. Производительность компрессора определяется заданной температурой охлаждения. У таких компрессоров может изменяться наклон шайбы, что приводит к изменению хода поршней и, следовательно, производительности. Такие компрессоры оказывают меньшее влияние на работу двигателя при включении муфты, что очень важно для маломощных двигателей. Кроме того, они обеспечивают большую стабильность заданной температуры.

В последнее время в автомобильных кондиционерах на смену поршневым компрессорам приходят роторно-пластинчатые. В таких компрессорах на вращающемся валу установлен ротор с радиальными прорезями, в которые вставлены скользящие пластины, прижимающиеся к эллиптической поверхности статора. При вращении ротора рабочие полости, расположенные между соседними пластинами, изменяют свой объем, что дает возможность создавать высокое давление хладоагента. Компрессоры этого типа имеют меньшие габариты, отличаются плавностью в работе и низким уровнем шума.

В самых последних разработках компрессоров для автомобильных кондиционеров используются переменно-угловые пластинчатые двигатели, изменяющие рабочий ход компрессора и таким образом регулирующие расход мощности в зависимости от потребностей системы. Также появилось большое количество компрессоров с электрическим приводом (особенно в Японии). Основное преимущество электрического двигателя — энергетическая эффективность в совокупности с возможностью электронного управления.

Все больше современных автомобилей оборудуется не простыми кондиционерами, а системами климат-контроля (HVAC — Heating, Ventilation and Air Conditioning).

Такие системы управляются с помощью электроники, используя датчики температуры и интенсивности солнечного излучения, чтобы автоматически поддерживать заданные параметры микроклимата независимо от наружной температуры. Во всех датчиках температуры — внутренней и наружной температуры воздуха, температуры испарителя и охлаждающей жидкости двигателя — используются термисторы. В некоторых автомобилях имеются небольшие холодильники и бары. Конструкции отдельных климатических установок допускают раздельное регулирование температуры в различных зонах салона автомобиля.

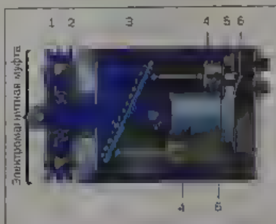


Рис. 7.42. **Схема компрессора автомобильного кондиционера:** 1 — шкив; 2 — электромагнит; 3 — наклонная шайба; 4 — поршень; 5 — крышка блока цилиндров; 6 — клапаны

Практически все междугородные автобусы в настоящее время также оборудуются кондиционерами (рис. 7.43). Сам кондиционер устанавливается на крыше автобуса, а охлажденный воздух подается по воздуховодам к сиденьям пассажиров. Каждый пассажир с помощью регулятора может настроить силу и направление потока холодного воздуха

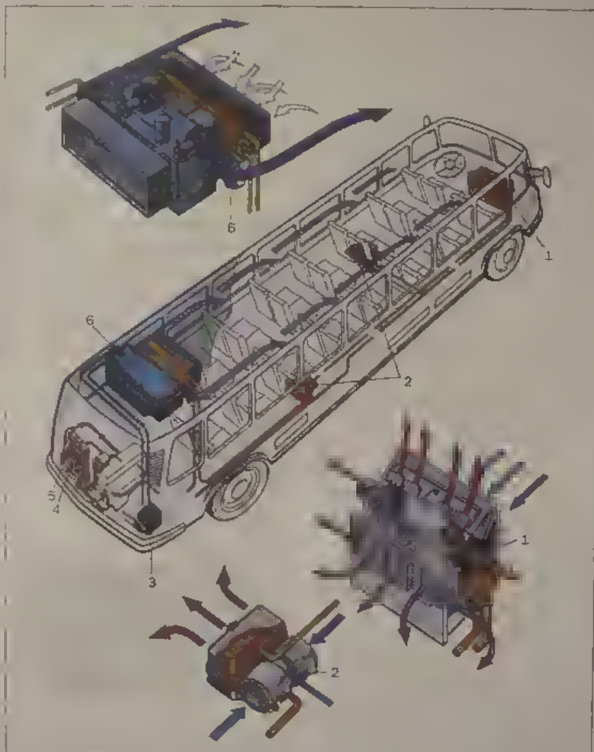


Рис 7.43. **Система кондиционирования воздуха в автобусе:** 1 — передний отопитель, 2 — дополнительные боковые отопители, 3 — компрессор; 4 — вентилятор с вискомуфтой; 5 — радиатор, 6 — устройство вентиляции и кондиционирования

ГЛАВА 8

Движение необходимо любому человеку, и любое техническое средство, позволяющее ускорить это движение, повысить мобильность человека, всегда будет пользоваться спросом в этом мире. Потребность в каждодневном перемещении на относительно небольшие расстояния наилучшим способом удовлетворяет легковой автомобиль, находящийся в собственности владельца.

Тенденции развития конструкции автомобиля

§ 50

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЯ

Персональный легковой автомобиль в современном мире наиболее привлекателен для человека как средство каждодневного транспорта, во-первых, по своим техническим возможностям, во-вторых, из-за способности удовлетворить в наибольшей степени индивидуальные запросы каждого владельца.

Это привело к тому, что автомобиль стал самым массовым транспортным средством в мире, количество автомобилей увеличивается (в первую очередь легковых), и, видимо, эта тенденция сохранится и в ближайшем будущем.

Но массовая автомобилизация несет и негативные последствия: гибель и ранения людей на дорогах, загрязнение окружающей среды, снижение скорости перемещения из-за транспортных заторов, влияние на здоровье человека транспортного шума, увеличение площадей полезных земель, занятых автомобильными дорогами, стоянками и т. д.

В связи с этим конструкция автомобиля будет совершенствоваться в следующих направлениях.

1. **Повышение безопасности автомобиля.**

Установлено, что причинами большинства дорожно-транспортных происшествий являются ошибки водителей. Можно ожидать, что получат дальнейшее распространение системы, скорее всего электронные, которые будут принимать на себя некоторые функции управления автомобилем или помощи водителю в критических режимах.

Получат распространение общие информационные системы, имеющие связь с каждым автомобилем (системы телематики) и позволяющие осуществлять контроль за состоянием транспортной сети определенного региона и заранее предупреждать водителя о возникновении аварийных ситуаций, рекомендовать наиболее рациональные маршруты движения. По оценкам европейских специалистов применение электронных помощников водителя и систем телематики позволит к 2010 г. вдвое уменьшить число дорожно-транспортных происшествий.

2. **Уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и снижение затрат энергии**

Получат дальнейшее развитие устройства, позволяющие снижать вредные выбросы традиционных двигателей внутреннего сгорания. Усилится борьба за экономию нефтяного топлива как с позиций снижения объемов его потребления, так и с позиции уменьшения объемов выбросов CO_2, создающего парниковый эффект.

Увеличится доля автомобилей, работающих на альтернативных источниках энергии: природный газ, водород, биотопливо. Экономии энергии будет способствовать уменьшение собственной массы автомобиля, применение гибридных силовых установок. Ожидается, что общий расход энергии автомобилями к 2010 г. по сравнению с 2000 г. уменьшится на 25 %.

Будет снижен транспортный шум автомобилей, в первую очередь за счет разработки и использования малошумных автомобилей.

3. **Повышение привлекательности автомобиля для потребителя.**

Данное направление охватывает широкий круг вопросов и связано со стремлением автопроизводителей создавать автомобили, наиболее полно отвечающие индивидуальным запросам конкретного человека. Можно ожидать снижение до 1,5 лет периодичности выпуска на рынок новых моделей, увеличение количества модификаций автомобиля, применение новых устройств, повышающих комфорт (систем поддержания необходимого климата в салоне, устройств автоматического управления агрегатами и т. д).

Особую роль будет играть широкое применение информационных систем, позволяющих водителю получать при движении объективную и полную информацию как о работе самого автомобиля (средства встроенной диагностики), так и различную информацию из глобальных информационных систем (системы телематики). Это сделает возможным более эффективно интегрировать автомобиль в общую транспортную систему, а водителя и пассажиров — в систему обмена информацией с другими людьми.

§ 51

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

За последние двадцать лет автомобильная промышленность достигла огромных результатов по снижению содержания вредных веществ в отработавших газах. Запрет на использование этилированных бензинов, применение каталитических нейтрализаторов отработавших газов и современных систем питания ДВС позволили существенно уменьшить вредное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека.

При работе автомобильных ДВС в атмосферу выбрасываются не только токсичные газы, но и двуокись углерода (CO_2). Этот газ выполняет важную роль в атмосфере Земли. Однако за последние 100 лет его содержание в атмосфере значительно увеличилось и не последнюю роль в этом играет автомобильный транспорт. Некоторые ученые утверждают, что увеличение содержания CO_2 в атмосферном воздухе приводит к глобальному потеплению.

Двигатели современных автомобилей стали более экономичными, а это привело к уменьшению выбросов двуокиси углерода. Применение альтернативных видов топлива также способствует как снижению вредных веществ в отработавших газах, так и снижению количества двуокиси углерода.

Сжиженные нефтяные газы (LPG — Liquefied Petroleum Gas) дают возможность снизить содержание вредных веществ в отработавших газах и одновременно примерно на 10 % уменьшить количество CO_2, выделяемого при работе ДВС.

Сжатый природный газ (CNG — Compressed Natural Gas) — это альтернативное топливо, которое может использоваться в ДВС с искровым зажиганием и в дизелях. Для использования в качестве топлива в ДВС он должен быть сжат до высокого давления, чтобы занимать меньший объем. Этот газ может транспортироваться в баллонах высокого давления. При его использовании в качестве топлива, обеспечивается снижение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Метанол (Methanol) — спиртовое топливо, получаемое в процессе переработки нефти или каменного угля. При использовании метанола в качестве топлива для ДВС обеспечивается снижение уровня двуокиси углерода в отработавших газах на 5 % по сравнению с бензином. Однако для получения той же мощности требуется вдвое большее количество топлива, чем при использовании бензина.

Этанол (Ethanol) — спиртовое топливо, получаемое из растений, таких как кукуруза, сахарный тростник и др., имеет примерно такие же свойства, как метанол и производит при сгорании меньшее количество оксидов азота и снижение содержания двуокиси углерода на 4 % по сравнению с бензином. Отработавшие газы ДВС, работающего на этаноле, содержат вредные альдегиды, которые обладают неприятным запахом, вызывают раздражение слизистых оболочек организма человека и не могут быть устранены с помощью каталитических нейтрализаторов.



Рис. 8.1. **Автомобиль BMW 740 hL имеет бак с жидким водородом, который используется, как топливо для ДВС и для топливного элемента, заменяющего обычный аккумулятор. Использование топливного элемента обеспечивает работу кондиционера на стоянках с неработающим двигателем**



Рис. 8.2. **Автомобиль Mini Cooper, с двигателем, работающем на водороде**

Водород (H_2) — горючий газ, который при сгорании соединяется с кислородом образуя воду. Водород является наиболее перспективной альтернативой углеводородным видам топлива. Водород также является перспективным топливом для использования в силовых установках на топливных элементах.

Перечисленные альтернативные виды топлива могут в отдельных случаях, использоваться для автомобильных двигателей. Многие производители автомобилей имеют в своей программе выпуск автомобилей, которые могут использовать альтернативные виды топлива. Наиболее распространены автомобили, которые могут использовать наряду с бензином сжиженный газ или природный сжатый газ (Volvo, Vauxhall, Mersedes и др.).

Больших успехов в использовании водорода в качестве автомобильного топлива добилась компания BMW, которая разработала ДВС, работающие на водороде. Двигатели опытных автомобилей BMW 750hL и Mini Cooper Hydrogen (рис. 8.1, 8.2) оборудованы системой впрыска жидкого и охлажденного водорода, смешивающегося с воздухом во впускном трубопроводе. Такой подход дает возможность улучшить наполнение цилиндров ДВС топливно-воздушной смесью и свести до минимума загрязнение окружающей среды.

Использование альтернативных видов автомобильного топлива может несколько замедлить перспективу исчерпания мировых запасов нефти, но полностью не решает данной проблемы. Поэтому большинство ведущих мировых производителей автомобилей сейчас вплотную занимаются разработкой силовых установок, где используются альтернативные источники энергии.

§ 52

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Запасы углеводородных видов топлива в мире ограничены. Некоторые исследователи утверждают, что этих запасов хватит на 60–80 лет, более пессимистично настроенные ученые говорят, что человечество исчерпает эти запасы через 40 лет. С другой стороны, все большую озабоченность вызывает загрязнение окружающей среды, не последнюю роль в котором играют автомобили.

Некоторое время назад существовало мнение, что на смену автомобилям с привычным ДВС придет «экологически чистый электрический автомобиль». Были созданы варианты электромобилей, где для привода ведущих колес использовались электродвигатели, а запас электроэнергии для необходимого пробега обеспечивался аккумуляторными батареями, которые располагались непосредственно на автомобиле и могли подзаряжаться на специальных зарядных станциях (рис. 8.3).

Такой подход использования аккумуляторных электромобилей игнорировал очевидный факт, что это полностью не решает вопрос глобального загрязнения окружающей среды. Для зарядки аккумуляторов используется электроэнергия, получаемая от электростанций, которые в своем большинстве сжигают углеводородное топливо. При этом загрязнение окружающей среды просто переносится в другую местность. В конце 1990-х гг. в нескольких крупных производителями автомобилей были приложены определенные усилия, чтобы организовать широкий автомобильный рынок электрических автомобилей в шт. Калифорния, но эти усилия потерпели неудачу, частично из-за ограниченного запаса энергии (энергоемкости) аккумуляторов, используемых на этих электромобилях, но главным образом потому что сами аккумуляторные батареи, оказались очень дорогими в производства, и имели слишком маленький ресурс до необходимости их подзарядки или замены. Некоторые исследователи также подвергали сомнению улучшение экологии в том случае, если большинство транспортных средств в мире будут электрическими, потому что производство (и переработка) батарей связаны с применением огромного количества тяжелых металлов, таких как свинец и кадмий. Неужели это означает конец мечты об электромобиле? Ни в коем случае! Электромобили, вероятно, будут использоваться только для выполнения специальных задач, таких как организация коммерческих перевозок в городских центрах. Более правильным будет считать электромобилем тот, колеса которого приводятся в действие электроэнергией, и затем уже разделить такие транспортные средства на три типа. К первому из них, принадлежит простой аккумуляторный электромобиль. Второй вариант — это гибридный автомобиль HEV (Hybrid Electric Vehicle); в нем двигатель внутреннего сгорания приводит в действие генератор, производящий в свою очередь электроэнергию для привода колес. Наконец,



Рис. 8.3. **Зарядная станция для электромобиля**

в перспективе будут использоваться автомобили, в которых электроэнергия получается с помощью топливного элемента. В мире принято называть такие автомобили FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle — автомобиль на топливных элементах). Похоже, что в течение следующей половины столетия автомобили на топливных элементах постепенно станут стандартным типом легкового автомобиля, а гибридные помогут сгладить переходный период. Двигатель внутреннего сгорания в конечном счете станет устаревшим и старомодным, и мы будем смотреть на него так, как мы сейчас смотрим на паровой двигатель, в то время как останется небольшое количество аккумуляторных электромобилей, которые будут передвигаться по маршрутам, не слишком удаленным от мест их подзарядки. Чтобы более ясно представить это будущее, мы должны рассмотреть гибридные автомобили и автомобили на топливных элементах более подробно, но сначала необходимо рассмотреть варианты аккумуляторных батарей и их возможных альтернатив, даже если аккумуляторные автомобили ждет ограниченное применение.

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Аккумуляторные батареи (или аккумуляторы) являются обязательной принадлежностью обычного автомобиля с ДВС. Они используются для запуска двигателя с помощью стартера и обеспечивают электроэнергией различные потребители при стоянке автомобиля с неработающим двигателем. Для подзарядки аккумуляторной батареи и получения электроэнергии при движении автомобиля используется генератор, который приводится в действие от ДВС. Наибольшее распространение в качестве автомобильных получили свинцово-кислотные аккумуляторы. Какова же эффективность такого источника энергии?

Энергия, получаемая при сгорании 1 кг бензина, примерно эквивалентна 12 кВт/ч, из которой 4,5 кВт/ч преобразуется в механическую энергию в обычном автомобильном ДВС. Стандартный автомобильный свинцово-кислотный аккумулятор напряжением 12 В, емкостью 50 А·ч, накапливает энергии 0,6 кВт/ч и весит приблизительно 20 кг. Таким образом, для получения энергии эквивалентной 1 л бензина, с учетом неизбежных потерь при ее преобразовании, потребуется комплект аккумуляторных батарей весом примерно 160 кг. Понятно, что для обеспечения достаточного пробега без подзарядки аккумуляторный электромобиль с таким типом аккумуляторов будет иметь очень большой вес, и его эксплуатация становится малоэффективной.

В 70-годы XX века были начаты работы по разработке более эффективных аккумуляторов. В настоящее время существуют конструкции аккумуляторных батарей, которые являются более эффективными, чем свинцово-кислотные (никель-кадмиевые, ионно-литиевые и др.). Несмотря на то что энергоемкость этих аккумуляторов значительно выше, чем у свинцово-кислотных, стоимость всех этих аккумуляторов без исключения намного больше, хотя часть их стоимости компенсируется более долгим сроком службы (рис. 8.4).

Одной из возможных альтернатив аккумуляторной батарее является конденсатор, который эффективнее накапливает энергию и имеет лучшие показатели в отдаче энергии (аккумуляторы перегреваются, если энергию забирать от них слишком быстро). Батареи из больших конденсаторов способны накапливать значительные количества электроэнергии. Вместо с тем конденсаторы не подходят для долговременного аккумулирования энергии, они эффективны только при кратковременном ее сохранении, например для накапливания энергии при торможении, перед тем как отдать ее при разгоне (так называемая рекуперация энергии). В 1997 г. фирма Honda продемонстрировала автомобиль с батареей конденсаторов, которая могла накапливать энергии достаточно, чтобы снабжать ею электродвигатель в 10 кВт в течение 12 с, т. е. достаточного времени для осуществления разгона на автострade или для совершения обгона. Некоторые японские исследовательские группы предполага



Рис. 8.4. **Аккумуляторный электромобиль производства GM**

ют использовать комбинацию эффективного аккумулятора (никель-кадмиевого или ионно-литиевого) и высокомощного конденсатора для получения надежного, эластичного и мощного буферного накопителя энергии для гибридного автомобиля.

Своеобразным аккумулятором, запасающим механическую энергию, может служить баллон, в котором под высоким давлением находится воздух. Сжатый воздух, подаваемый при определенном давлении в цилиндры поршневого двигателя, может перемещать поршни, и их перемещение можно использовать для движения автомобиля. Транспортные средства с воздушным двигателем или пневмоавтомобили не являлись редкостью во второй половине XIX в. и довольно широко использовались как грузовые автомобили и заводские автокары. Однако ограниченный запас хода таких автомобилей и опасность взрыва баллонов не позволили им успешно конкурировать с другими типами транспортных средств, что привело к практически полному их исчезновению. В наши дни к идее такого автомобиля снова вернулись. Французская компания Zero Pollution Motors в 2000 г. создала автомобиль e.Volution, который приводится в действие двухцилиндровым двигателем, работающим на сжатом воздухе. Воздух находится в баллоне из углеродистого пластика под давлением 30 000 кПа и подается в двигатель с помощью форсунки с электронным управлением. Этот автомобиль может двигаться с максимальной скоростью 96,5 км/ч. Запаса сжатого воздуха в баллонах с общим объемом в 300 л хватает на пробег 200 км. Заправка баллонов может производиться на компрессорной станции в течение 3 мин или от домашнего компрессора с электроприводом в течение 4 ч.

Таким автомобилям присущи недостатки, свойственные аккумуляторным автомобилям: низкая эффективность, малый запас хода и перенос загрязнений окружающей среды в местность, где находится электростанция. Вместе с тем, такие автомобили могут найти применение в городах с неблагоприятной экологической обстановкой, поскольку выбросы вредных веществ от такого автомобиля практически равны нулю. Не случайно правительство Мексики заказало 40 000 автомобилей e.Volution для замены бензиновых и дизельных автомобилей-такси г. Мехико, где воздух сильно загрязнен.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Любой тип электрического транспортного средства нуждается в тяговом приводном электродвигателе, наличие его и является признаком электрического автомобиля. Когда гибридные автомобили и автомобили на топливных элементах заменят автомобили с двигателями внутреннего сгорания, понадобится все больше и больше таких двигателей. Оптимизация их конструкции становится очень важной проблемой.

Одна из проблем, хотя и не самая важная, связанная с использованием первых электромобилей, заключалась в том, что на них устанавливались маломощные электродвигатели с еще более неэффективной системой управления, которые были шумными и имели плохую отдачу. Электрический силовой узел, применяемый для электрокара, может быть не совместимым с легковым автомобилем. В начале 1990-х казалось, что выбор между электродвигателями переменного и постоянного тока окончательно сбалансировался. Электродвигатели переменного тока в основном имеют большую мощность, но требуют преобразования постоянного тока от аккумулятора в переменный, питающий током электродвигатель. Прототипы электрических авто-

мобилей, которые появились в 2000 г. (в основном в Японии), применили синхронные двигатели переменного тока, хотя фирма Honda использовала бесщеточный мотор-генератор, установив его между двигателем и трансмиссией на своем гибридном автомобиле Insight, доведенном до серийного производства. Большинство современных тяговых двигателей переменного тока работают при напряжении в пределах 70–120 В, что является результатом компромисса между размерами электродвигателя, его мощностью и электрической безопасностью. Основная часть современных электромобилей использует одноступенчатую трансмиссию за счет способности тягового электродвигателя развивать максимум крутящего момента при очень небольшой скорости. С помощью современной технологии и принудительного охлаждения электродвигатели могут обеспечивать очень высокое соотношение крутящего момента к весу. Двигатель компании Zytec (Великобритания) создает крутящий момент 60 Н·м при весе всего 13 кг и является достаточно компактным, чтобы быть смонтированным практически в ступице колеса.

Главное место в современной системе управления электродвигателями занимает электроника, а все современные электродвигатели не имеют щеток. На большинстве электромобилей сегодня используется электронное управление двигателями, основанное на высокочастотном принципе. Возможно более совершенной альтернативой станет векторное управление, которое было продемонстрировано японской фирмой Mitsubishi на своем концептуальном автомобиле и которое обеспечивает еще большую эффективность.

Электрические автомобили могут экономить энергию путем рекуперации (от лат. recuperator — снова получающий, возвращающий). Это достигается переводом тяговых электродвигателей в режим генератора, чтобы запасти часть кинетической энергии, которая теряется (переходит в тепло и рассеивается) во время торможения. Для обеспечения эффективной рекуперации требуется электронное управление, что в итоге позволяет существенно увеличить пробег электрических и гибридных автомобилей.

Таким образом, сегодня можно сказать, что аккумуляторные электромобили имеют право на жизнь, но в основном — в виде технологических транспортных средств с небольшими пробегами. Более перспективными автомобилями являются электромобили на топливных элементах и гибридные автомобили, которые являются промежуточным звеном, которое необходимо при переходе от традиционных автомобилей с ДВС к топливно-элементным конструкциям.

ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ

Очевидным способом преодолеть ограниченный запас хода аккумуляторных электромобилей является использование небольшого ДВС и электрического генератора для подзарядки аккумуляторных батарей во время движения. Рабочий объем ДВС может быть выбран из необходимости получения средней мощности, требующейся автомобилю, а не максимальной, нужной для ускорения. При этом ДВС большую часть времени может работать в режиме наилучшей экономичности и токсичности отработавших газов (или даже на время выключаться). Для обеспечения необходимой эффективности разгона может одновременно использоваться энергия от аккумуляторных батарей и ДВС.

В действительности гибридные автомобили могут быть разделены на два класса: последовательный гибрид, в котором вся энергия переводится в электричество, и параллельный гибрид (рис. 8.5), в котором ДВС соединяется с ведущими колесами механически через трансмиссию, а поток электроэнергии передается параллельно. Последовательный тип дает конструктору автомобиля наибольший выбор компоновки, потому что все соединения (за исключением привода от тягового двигателя к ведущим колесам) — электрические: каждый узел может быть размещен в любом месте автомобиля и с наибольшим удобством. С другой стороны, при параллельном типе может использоваться более легкий и малогабаритный электродвигатель. В последовательном гибриде электродвигатель должен развивать полную движущую силу, в то время как



Рис. 8.5. **Автомобиль компании DaimlerChrysler выполнен по схеме параллельного «гибрида»:** 1 — ДВС (шестицилиндровый); 2 — электродвигатель № 1; 3 — сцепление; 4 — электродвигатель № 2; 5 — автоматическая коробка передач

в параллельном гибриде он нужен для обеспечения только 30 % этой силы. Гибридный автомобиль включает в себя двигатель внутреннего сгорания и электропривод для оптимального использования энергии. Механическая энергия торможения преобразуется в электрическую и накапливается в аккумуляторной батарее. ДВС работает при наиболее эффективных скоростях и нагрузках. Фирма Nissan продемонстрировала этот гибридный привод в 1999 г. (рис. 8.6).

В течение долгого времени отношение к гибридному автомобилю определялось стоимостью применения вместо одной — двух силовых установок: ДВС и электродвигателя, а это означало, что такой автомобиль всегда будет дороже, чем его конкуренты. Совсем недавно проведенный детальный анализ показал, что гибридный автомобиль может быть конкурентоспособным, когда более высокая стоимость компенсируется лучшей экономичностью и низкими вредными выбросами, которые являются результатом действия системы управления энергией, заключающейся в ее гибкости и способности запасать, регенерировать и сохранять энергию, которая теряется в обычных ДВС (рис. 8.7). Эти новые подходы привели к созданию фирмами Toyota и Honda гибридных автомобилей моделей Toyota Prius и Insight. Шасси гибридного автомобиля Toyota HV-M4 включает в себя адаптированный бензиновый силовой агрегат объемом 2,4 л, который расположен поперечно спереди. Наиболее очевидными новшествами являются: смонтированный сзади электродвигатель (с приводом на задние колеса) и батарея аккумуляторов, установленная выше. По утверждению фирмы Toyota, в 2003 г. автомобили Toyota Prius начали приносить прибыль фирме от их продажи

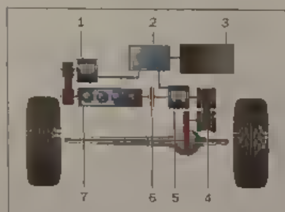


Рис. 8.6. **Гибридный автомобиль:** 1 — синхронный электродвигатель с постоянными магнитами; 2 — преобразователь; 3 — ионно-литиевый аккумулятор; 4 — вариатор CVT; 5 — электродвигатель; 6 — сцепление; 7 — двигатель QG 18DE



Рис. 8.7. **Шасси гибридного автомобиля Toyota HV-M4**



Рис. 8.8. **Гибридный автомобиль Ford**

Гибридный автомобиль Honda Insight представляет собой легковой автомобиль с двухместным кузовом купе и с гибридной силовой установкой. Силовой узел интегрирован так же, как и на автомобиле Toyota Prius, с использованием концепции Honda (IMA). Используется трехцилиндровый, 12-клапанный, однолитровый двигатель с электродвигателем-генератором, который расположен между двигателем и пятиступенчатой механической коробкой передач. Двигатель автомобиля Insight имеет мощность 68 л. с. и максимальный крутящий момент 91 Н·м при 4 800 мин$^{-1}$. При полном использовании электродвигателя мощность в среднем поднимается до 76 л. с., а максимальный крутящий момент увеличивается до 113 Н·м всего при 1 500 мин$^{-1}$, что показывает преимущество электродвигателя, который развивает максимальные крутящие моменты при низких оборотах. Эти цифры указывают также на то, что автомобиль Insight является гибридом в меньшей степени, чем Toyota Prius — ДВС и электродвигатель сбалансированы в большей степени. Гибридный автомобиль Insight отличается от тех гибридных автомобилей, которые демонстрировались в конце 90-х гг. компаниями Citroen и FIAT, и каждый из которых был в большей степени электромобилем с небольшим ДВС и генераторами, которые заменили аккумуляторы. При разряженных аккумуляторах и двигателе, работающем в маломощном режиме, эти автомобили могли двигаться со скоростью не более 50 км/ч. В таких случаях ДВС использовался только как автономный источник электричества, увеличивая возможное расстояние от зарядной станции. В настоящее время многие автомобильные компании (Volvo, Ford, FIAT, GMC и др.) имеют свои опытные варианты гибридных автомобилей (рис. 8.8).

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Топливный элемент — это электрохимическое устройство преобразования энергии, которое за счет химической реакции преобразовывает водород и кислород в электричество. В результате этого процесса образуется вода и выделяется большое количество тепла. Топливный элемент очень похож на аккумулятор, который можно зарядить и затем использовать накопленную электрическую энергию.

Изобретателем топливного элемента считают Вильяма Р. Грува, который изобрел его еще в 1839 г. В этом топливном элементе в качестве электролита использовался раствор серной кислоты, а в качестве топлива — водород, который соединялся с кислородом в среде окислителя. Следует отметить, что до недавнего времени топливные элементы использовались только в лабораториях и на космических аппаратах.

В перспективе топливные элементы смогут составить конкуренцию многим другим системам для преобразования энергии (включая газовую турбину на электростанциях) ДВС в автомобиле и электрическим батареям в портативных устройствах. Двигатели внутреннего сгорания сжигают топливо и используют давление, создаваемое расширением вы-

движущихся при сгорании газов, для выполнения механической работы. Аккумуляторные батареи хранят электрическую энергию, преобразовывая ее затем в химическую энергию, которая при необходимости может быть преобразована обратно в электрическую энергию. Потенциально топливные элементы очень эффективны. Еще в 1824 г. французский ученый Карно доказал, что циклы сжатия-расширения двигателя внутреннего сгорания не могут обеспечить КПД преобразования тепловой энергии (являющейся химической энергией сгорающего топлива) в механическую выше 50 %. Топливный элемент не имеет движущихся частей (по крайней мере, внутри самого элемента), и поэтому они не подчиняются закону Карно. Естественно, они будут иметь больший, чем 50 %, КПД и особенно эффективны при малых нагрузках. Таким образом, автомобили с топливными элементами готовы стать (и уже доказали это) более экономичными, чем обычные автомобили в реальных условиях движения.

Топливный элемент обеспечивает выработку электрического тока постоянного напряжения, который может использоваться для привода в действие электродвигателя, приборов системы освещения и других электросистем в автомобиле. Имеются несколько типов топливных элементов, различающихся используемыми химическими процессами. Топливные элементы обычно классифицируются по типу используемого в них электролита, который они используют. Некоторые типы топливных элементов являются перспективными для применения их в качестве силовых установок электростанций, а другие могут быть полезны для маленьких портативных устройств или для привода автомобилей.

Щелочной топливный элемент — это один из самых первых разработанных элементов. Они использовались в космической программе США, начиная с 1960-х гг. Такие топливные элементы очень восприимчивы к загрязнению и поэтому они требуют очень чистого водорода и кислорода. Кроме того, они очень дороги, и поэтому этот тип топливного элемента, скорее всего, не найдет широкого применения на автомобилях.

Топливные элементы на основе фосфорной кислоты могут найти применение в стационарных установках невысокой мощности. Они работают при довольно высокой температуре и поэтому требуют длительного времени для своего прогрева, что также делает их неэффективными для использования в автомобилях.

Твердооксидные топливные элементы лучше подходят для крупных стационарных генераторов электроэнергии, которые могли бы обеспечивать электричеством заводы или населенные пункты. Этот тип топливного элемента работает при очень высоких температурах (около 1000 °С). Высокая рабочая температура создает определенные проблемы, но, с другой стороны, имеется преимущество — пар, произведенный топливным элементом, может быть направлен в турбины, чтобы выработать большее количество электричества. В целом это улучшает суммарную эффективность системы.

Одна из наиболее многообещающих систем — протонно-обменный мембранный топливный элемент — ПОМТЭ (PEMFC — Protone Exchange Membrane Fuel Cell). В настоящий момент этот тип топливного элемента является наиболее перспективным, поскольку он может приводить в движение автомобили, автобусы и другие транспортные средства.

В топливных элементах применяется электрохимический процесс соединения водорода с кислородом, получаемым из воздуха. Как и в аккумуляторных батареях, в топливных элементах используются электроды (твердые электрические проводники) находящиеся в электролите (электрически проводимая среда). Когда в контакт с отрицательным электродом (анодом) входят молекулы водорода, последние разделяются на протоны и электроны. Протоны проходят через протонно-обменную мембрану (ПОМ) на положительный электрод (катод) топливного элемента, производя электричество. Происходит химическое соединение молекул водорода и кислорода с образованием воды, как побочного продукта этой реакции. Единственный вид выбросов от топливного элемента — водяной пар (рис. 8.9).

Электричество, производимое топливными элементами, может использоваться в электрической трансмиссии автомобиля (состоит из преобразователя электроэнергии и асинхронного двигателя переменного тока) для получения механической энергии для привода в движение автомобиля. Работа преобразователя электроэнергии заключается в преобразовании постоянного электрического тока, произведенного топливными элементами, в переменный ток, на котором работает тяговый электродвигатель транспортного средства.

Протонно-обменная мембрана топливного элемента (PEMFC) использует одну из самых простых реакций любого топливного элемента (рис. 8.10).

Сначала рассмотрим, как устроен топливный элемент.

Анод, отрицательный полюс топливной ячейки (рис. 8.11), проводит электроны, которые освобождены от водородных молекул, чтобы они могли использоваться во внешнем электрическом контуре (цепи). Для этого в нем гравируются каналы, распределяющие водород равномерно по всей поверхности катализатора. Катод (положительный полюс топливной ячейки) имеет гравированные каналы, которые распределяют кислород по поверхности катализатора. Он также проводит электроны назад от внешнего контура (цепи) до катализатора, где они могут соединиться с водородными ионами и кислородом с образованием воды. Электролит — протонно-обменная мембрана. Это особый материал, похожий на обычный пластик, но обладающий способностью пропускать положительно заряженные ионы и блокировать проход электронов.

Катализатор — специальный материал, который облегчает реакцию между кислородом и водородом. Катализатор обычно изготавливается из платинового порошка, нанесенного очень тонким слоем на углеродистую бумагу или ткань. Катализатор должен быть шероховатым и пористым, для того чтобы его поверхность могла максимально соприкасаться с водородом и кислородом. Покрытая платиной сторона катализатора находится перед протонно-обменной мембраной (ПОМ).

Со стороны анода



$$2H_2 => 4H^+ + 4e^-$$

Со стороны катода



$$O_2 + 4H^+ + 4e^- => 2H_2O$$

Рис. 8.9. Химические процессы в топливном элементе

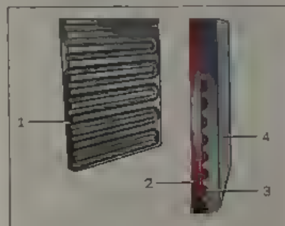


Рис. 8.10. Схема устройства топливного элемента с протонно-обменной мембраной: 1 — анод; 2 — протонно-обменная мембрана (PEM); 3 — катализатор (красный); 4 — катод



Рис. 8.11. **Отдельная ячейка топливного элемента**

Газообразный водород (H_2) подается в топливный элемент под давлением со стороны анода. Когда молекула H_2 входит в контакт с платиной на катализаторе, она разделяется на две части: два иона (H^+) и два электрона (e^-). Электроны проходят через анод, где они проходят через внешний контур (цепь), выполняя полезную работу (например, приводя в действие электродвигатель) и возвращаются со стороны катода топливного элемента.

Тем временем со стороны катода топливного элемента газообразный кислород (O_2) продавливается через катализатор, где он формирует два атома кислорода. Каждый из этих атомов имеет сильный отрицательный заряд, который обеспечивает притяжение двух ионов H^+ через мембрану, где они объединяются с атомом кислорода и двумя электронами из внешнего контура (цепи) с образованием молекулы воды (H_2O).

Эта реакция в отдельном топливном элементе производит мощность приблизительно 0,7 Вт. Чтобы поднять мощность до требуемого уровня, необходимо объединить много отдельных топливных элементов, чтобы сформировать батарею топливных элементов.

Топливные элементы на основе ПОМ работают при относительно низкой температуре (около 80 °С), а это означает, что они могут быть быстро нагреты до рабочей температуры и не требуют дорогих систем охлаждения. Постоянное совершенствование технологий и материалов, используемых в этих элементах, позволили приблизить их мощность к уровню, когда батарея таких топливных элементов, занимающая небольшую часть багажника автомобиля, может обеспечить энергию, необходимую для привода автомобиля.



Рис. 8.12. **Автомобиль на топливных элементах производства DaimlerChrysler изготовлен на базе Mercedes А-класса, использует силовую установку, расположенную под полом автомобиля**

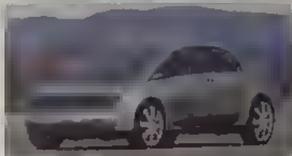


Рис. 8.13. **Автомобиль Honda FCX использует для движения электрическую энергию, получаемую с помощью топливных элементов**

На протяжении последних лет большинство из ведущих мировых производителей автомобилей (DaimlerChrysler, GM, Ford, Honda, Toyota и др.) инвестируют большие средства в разработку конструкций автомобилей, использующих топливные элементы. К 1999 г. многие из производителей автомобилей продемонстрировали автомобили на топливных элементах с удовлетворительными мощностными и динамическими характеристиками, хотя они имели довольно высокую стоимость. Совершенствование конструкций таких автомобилей происходит очень интенсивно.

Компания DaimlerChrysler в 1994 г. впервые представила микроавтобус NECAR I на топливных элементах, в котором оставалось место только для водителя, а все остальное пространство занимал экспериментальный силовой узел. Другой автомобиль NECAR V изготовлен на базе автомобиля Mercedes-Benz А-класса, причем вся силовая установка вместе с топливными элементами расположена под полом автомобиля (рис. 8.12).

Такое конструктивное решение дает возможность разместить в салоне автомобиля четырех пассажиров и багаж. Здесь в качестве топлива для автомобиля используется не водород, а метанол. Метанол с помощью реформера (устройства, перерабатывающего метанол в водород), преобразуется в водород, необходимый для питания топливного элемента. Использование



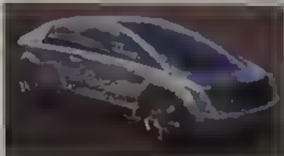


Рис. 8.14. **Концептуальный автомобиль Hy Wire компании General Motors имеет силовую установку на топливных элементах**

реформера на борту автомобиля дает возможность использовать в качестве топлива практически любые углеводороды, что позволяет заправлять автомобиль на топливных элементах, используя имеющуюся сеть заправок. Теоретически топливные элементы не производят ничего, кроме электричества и воды. Преобразование топлива (бензина или метанола) в водород, необходимый для топливного элемента, несколько снижает экологическую привлекательность такого автомобиля. Альтернатива заключается в использовании в автомобиле сжатого или сжиженного водорода, но в этом случае заправка автомобиля не настолько удобна, и, хотя в некоторых странах (США, Япония, Германия) уже существуют водородные заправки, их явно недостаточно для широкого распространения водородных автомобилей. Рано или поздно наступит момент, когда бензин станет очень дорогим, а основные запасы нефти исчерпаются. Кроме того, использование бензина мало поможет в решении проблемы с выбросами CO_2. Использование водорода может сделать систему на топливных элементах гораздо проще, не потребует решения огромных проблем в связи с хранением топлива, его передачи и распределения, а также выполнения строгих мер по безопасности.





Рис. 8.15. **Шасси автомобиля Hy Wire**

Компания Honda, которая занимается топливными элементами с 1989 г., изготовила в 2003 г. небольшую партию автомобилей Honda FCX-V4 с протонно-обменными топливными элементами мембранного типа фирмы Ballard. Эти топливные элементы вырабатывают 78 кВт электрической мощности, а для привода ведущих колес используются тяговые электродвигатели мощностью 60 кВт и с крутящим моментом 272 Н·м. Автомобиль на топливных элементах, по сравнению с автомобилем традиционной схемы, имеет массу примерно на 40 % меньшую, что обеспечивает ему отличную динамику, а запас сжатого водорода дает возможность пробега до 355 км.

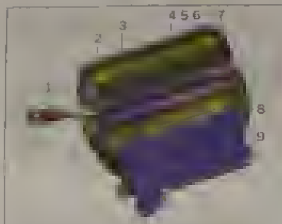


Рис. 8.16. **Компания BMW совместно с фирмой Magna Steyer разработала конструкцию «безопасного» топливного бака для сжиженного водорода:** 1 — заправочное устройство; 2 — наружный бак; 3 — опоры; 4 — датчик уровня; 5 — внутренний бак; 6 — заправочная линия; 7 — изоляция и вакуум; 8 — нагреватель; 9 — крепежная коробка



Рис. 8.17. **Испытания на безопасность автомобиля BMW 750 hL по существующим методикам подтвердили безопасность использования топливного бака с жидким водородом**

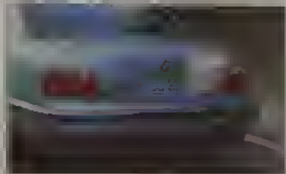


Рис. 8.18. **BMW 750 hL — первый в мире серийный автомобиль с топливным элементом вместо аккумуляторной батареи**

Автомобиль Honda FCX — первый в мире автомобиль на топливных элементах, который прошел государственную сертификацию в США. Автомобиль сертифицирован по нормам ZEV — Zero Emission Vehicle (автомобиль с нулевым загрязнением). Компания Honda не собирается пока продавать эти автомобили, а передает порядка 30 автомобилей в лизинг в шт. Калифорния и г. Токио, где уже существует инфраструктура водородных заправок.

Большие исследования по разработке и созданию автомобилей на топливных элементах проводит компания General Motors (рис. 8.14). При создании концептуального автомобиля GM Hy Wire было получено 26 патентов.

Основу автомобиля составляет функциональная платформа (рис. 8.15) толщиной 150 мм. Внутри платформы располагаются баллоны для водорода, силовая установка на топливных элементах и системы управления автомобиля, использующие новейшие технологии электронного управления по проводам. Шасси автомобиля Hy Wire представляет собой платформу небольшой толщины, в которой заключены все основные элементы конструкции автомобиля: баллоны для водорода, топливные элементы, аккумуляторы, электродвигатели и системы управления. Такой подход к конструкции дает возможность в процессе эксплуатации менять кузовы автомобиля.

Компания также проводит испытания опытных автомобилей Opel на топливных элементах и проектирует завод по производству топливных элементов.

Проблеме использования водорода в качестве топлива для автомобилей уделяет много внимания компания BMW. Совместно с фирмой Magna Steyer, известной своими работами по использованию сжиженного водорода в космических исследованиях, BMW разработала топливный бак для сжиженного водорода, который может использоваться на автомобилях (рис. 8.16).

Компания провела серию испытаний на безопасность конструкции по стандартным методикам и подтвердила ее надежность (рис. 8.17). В сентябре 2002 г. на автосалоне во Франкфурте-на-Майне (Германия) был показан автомо





Рис. 8.19. Топливный элемент автомобиля BMW 750 hL не превосходит размерами обычный свинцово-кислотный аккумулятор

биль Mini Cooper Hydrogen, который использует в качестве топлива сжиженный водород. Топливный бак этого автомобиля занимает такое же место, как и обычный бензобак. Водород в этом автомобиле используется не для топливных элементов, а в качестве топлива для ДВС.

В 2003 г. фирма BMW объявила о выпуске первого серийного автомобиля с топливным элементом BMW 750 hL (рис. 8.18). Батарея топливных элементов используется вместо традиционного аккумулятора.



Рис. 8.20. Заправка водородом автомобиля BMW производится роботом, водитель не участвует в этом процессе

Этот автомобиль имеет 12-цилиндровый двигатель внутреннего сгорания, работающий на водороде, а топливный элемент служит альтернативой обычному аккумулятору, обеспечивая возможность работы кондиционера и других потребителей электроэнергии при длительных стоянках автомобиля с неработающим двигателем (рис. 8.19).

Эта же фирма BMW разработала также роботизированные заправочные колонки, которые обеспечивают быструю и безопасную заправку автомобилей сжиженным водородом (рис. 8.20).

Появление в последние годы большого количества разработок, направленных на создание автомобилей, использующих альтернативные виды топлива и альтернативные силовые установки, свидетельствует о том, что двигатели внутреннего сгорания, которые доминировали на автомобилях в течение прошедшего столетия, в конце концов уступят дорогу более чистым экологически, эффективным и бесшумным конструкциям. Их широкое распространение на данный момент сдерживается не техническими, а, скорее, экономическими и социальными проблемами. Для их широкого применения необходимо создать определенную инфраструктуру по развитию производства альтернативных видов топлива, созданию и распространению новых заправочных станций и по преодолению ряда психологических барьеров. Использование водорода в качестве автомобильного топлива потребует решения вопросов хранения, доставки и распределения, с принятием серьезных мер безопасности.

Теоретически водород доступен в неограниченном количестве, но его производство является весьма энергоемким. Кроме того, для перевода автомобилей на работу на водородном топливе необходимо произвести два больших изменения системы питания: сначала перевести ее работу с бензина на метанол, а затем, в течение некоторого времени, и на водород. Пройдет еще некоторое время, перед тем как этот вопрос будет решен.

§ 53

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СТАРЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ведущие автомобильные страны несколько десятилетий тому назад столкнулись с проблемой утилизации старых автомобилей, изношенных запасных частей и отработанных эксплуатационных жидкостей. Проблема постоянно обостряется, поскольку количество списываемых автомобилей увеличивается. Это связано с политикой автомобилестроительных фирм, направленной (из конкурентных соображений) на снижение сроков постановки на производство новых автомобилей, что провоцирует потребителя чаще (каждые 3–5 лет) покупать новый автомобиль и, следовательно, продавать или сдавать на утилизацию старый.

Нагрузка на окружающую среду от массы списанных автомобилей заставила автомобильный мир разработать концепцию «жизненного цикла» автомобиля (The Total Life Cycle — TLC). Основная идея данной концепции — обеспечить максимально возможное повторное использование деталей, материалов старых автомобилей (Recycling), что рассматривается как возможное:

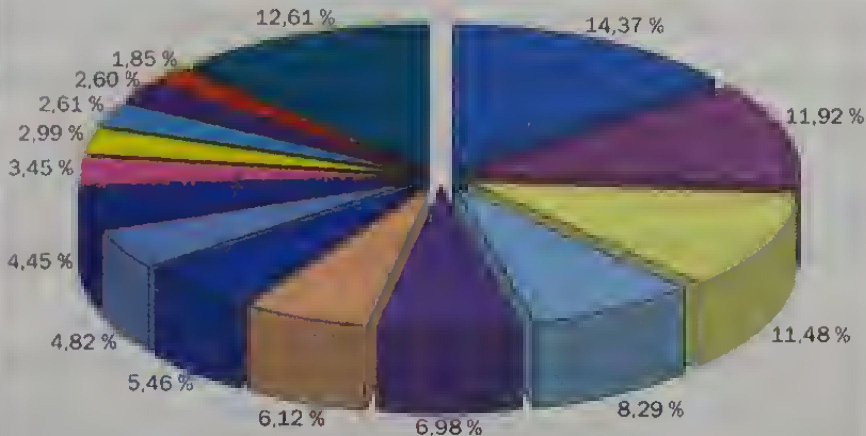
— повторное использование части деталей и узлов автомобиля;
— использование материалов старого автомобиля после измельчения и обработки для получения новых конструкционных материалов (например, переплавка металлов);
— получение тепловой энергии за счет сжигания некоторых элементов старого автомобиля.

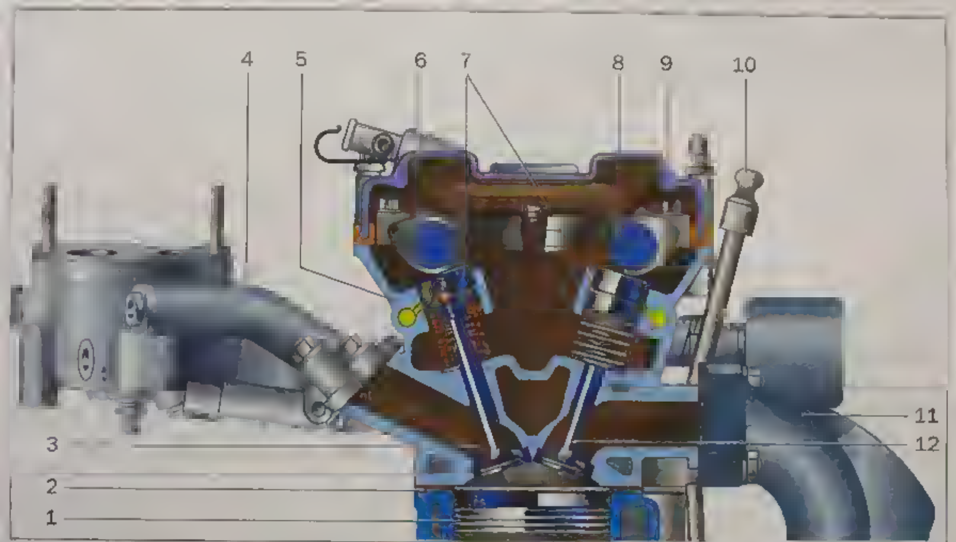
В настоящее время около 75 % массы европейских автомобилей выпуска после 1987 г. пригодно для повторного использования. Но 25 % массы каждого старого автомобиля попадает на свалку, что неприемлемо как с экологической, так и с экономической точки зрения. Для уменьшения этой доли страны Европейского сообщества (ЕС) приняли целый ряд нормативных документов (европейские нормы, директива ЕС), направленных на реализацию комплекса мероприятий, которые позволят повторно использовать до 95 % массы автомобиля. Одно из важнейших направлений данной программы — создание конструкций новых автомобилей, ориентированных на последующую утилизацию. Это может быть обеспечено тремя путями:

— разработка конструкций деталей, пригодных для повторного использования;
— использование материалов, пригодных для повторного использования;
— использование в конструкции новых автомобилей деталей, полученных при переработке старых.

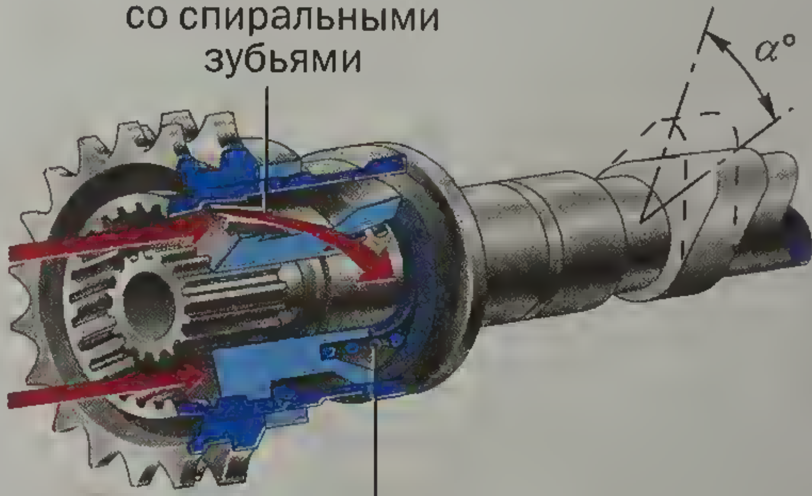
В связи с этим автомобилестроительные компании используют в конструкции новых автомобилей легкоразъемные соединения (для снижения затрат на разборку), проектируют детали по принципу «одна деталь — один материал», стараются разумно ограничить количество материалов в одном автомобиле, исключают из конструкции особо вредные материалы (свинец, ртуть, кадмий и т. д.).

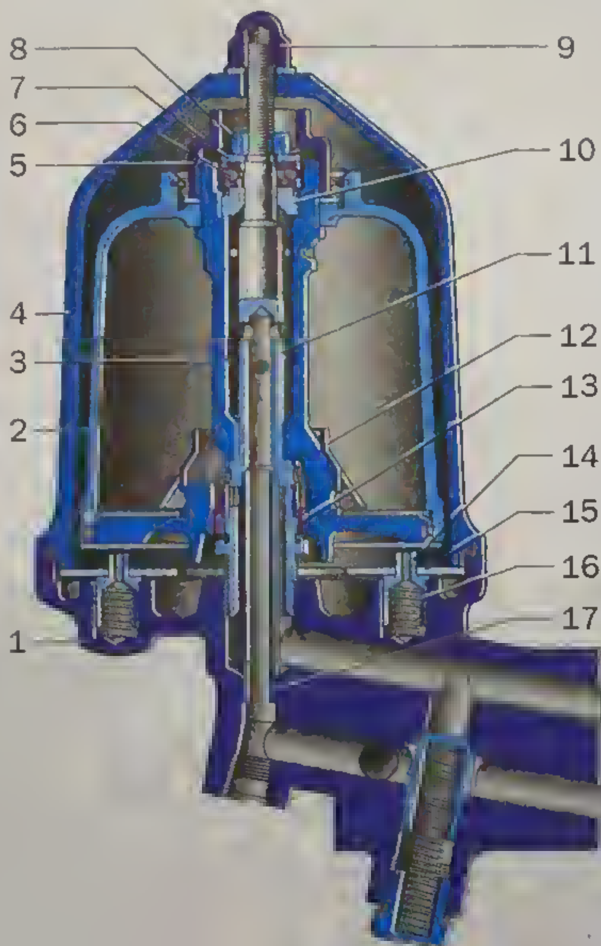
Для облегчения разборки автомобилей и сортировки деталей с 2000 г. в ЕС введена единая маркировка деталей новых автомобилей, а заводы-изготовители обязаны для каждой выпускаемой модели автомобиля разрабатывать инструкции по его разборке для последующей переработки.


12,61 %
14,37 %
1,85 %
2,60 %
2,61 %
2,99 %
3,45 %
11,92 %
4,45 %
4,82 %
5,46 %
6,12 %
6,98 %
8,29 %
11,48 %
General Motors
Toyota
Ford
Volkswagen
DymlerChrysler
Renault
PSA
Honda
Hyundai/Kia
FIAT
Suzuki
Mitsubishi
Nissan
BMW
Прочие

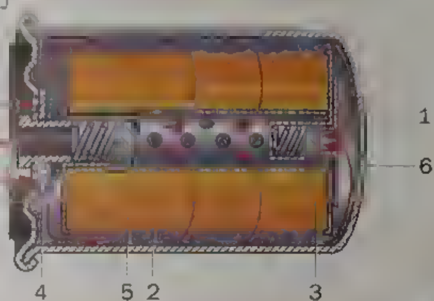


4
5
6
7
8
9
10
11
12
3
2
1

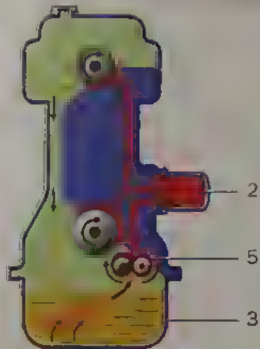

Втулка
со спиральными
зубьями
α°
Продольное
усилие
Пружина

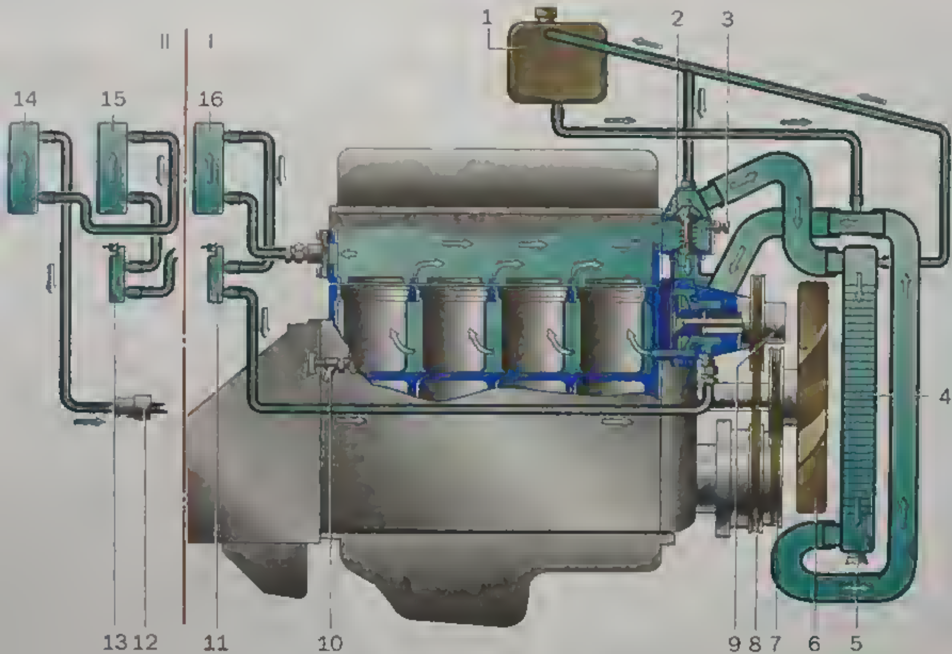


8
9
7
6
10
5
11
4
12
3
13
2
14
15
16
1
17



…ис. 2.45. **Устройство неразборного (а) …и разборного (б) полнопоточного объемно-…дсорбирующего масляного фильтра:** …1 — корпус; 2 — штора (фильтрующий эле-…мент); 3 — перепускной клапан; 4 — проти-…водренажный клапан; 5 — противосливной …клапан; 6 — путь масла при открытии пере-…пускного клапана; 7 — канал слива масла


а
2
5
3
б
2
1
3
4
5
6



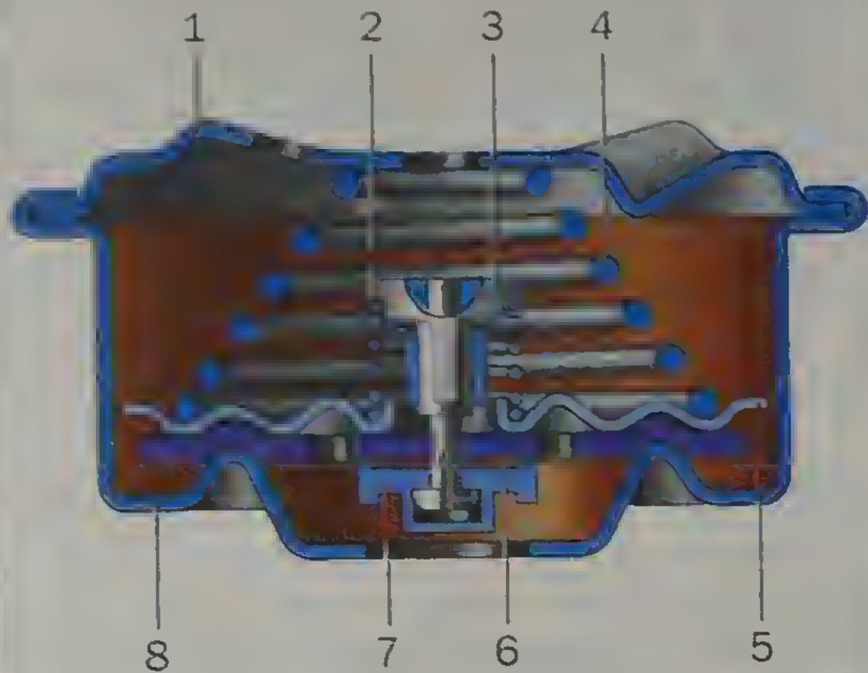
1
2
3
II
I
14
15
16
4
13
12
11
10
9
8
7
6
5

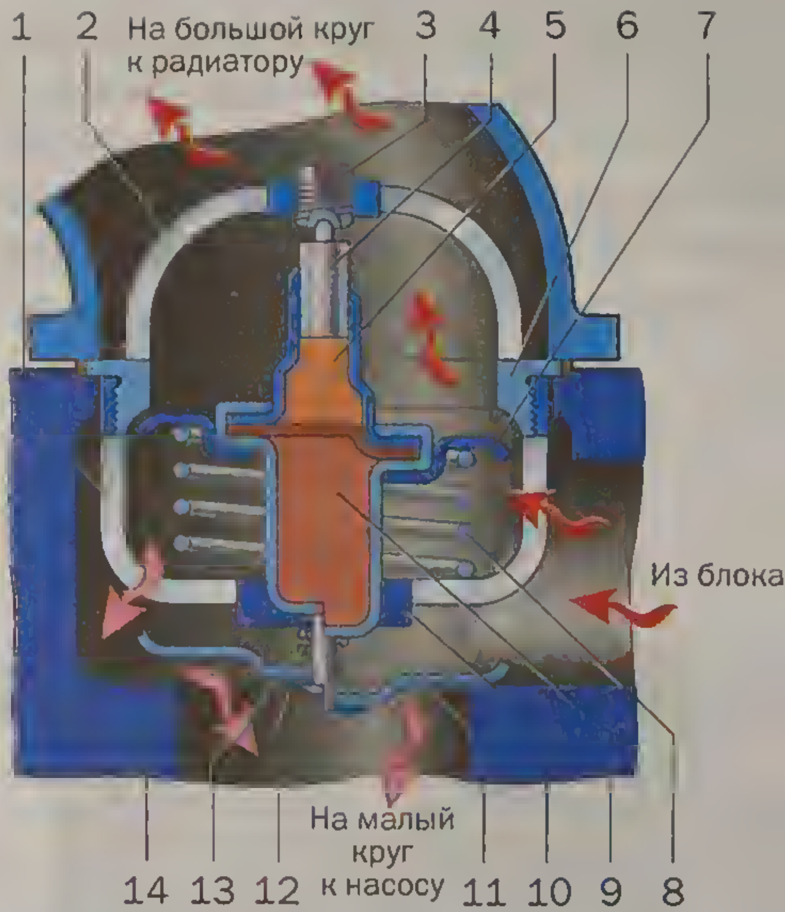
17

18

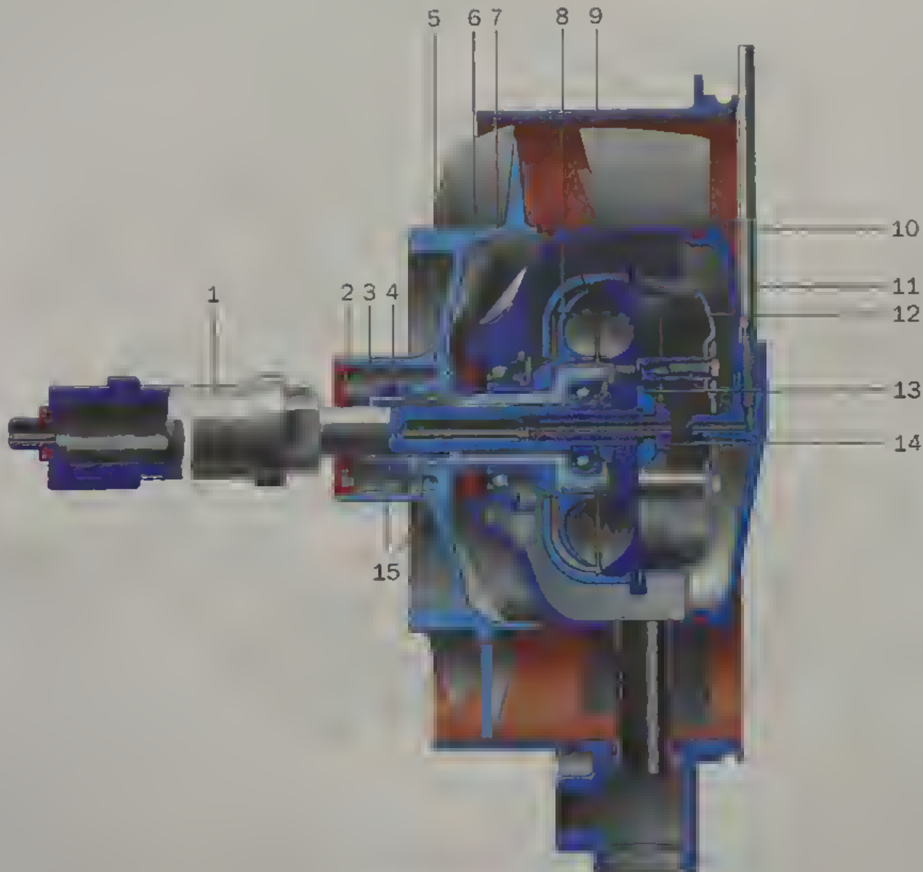
Термостат закрыт

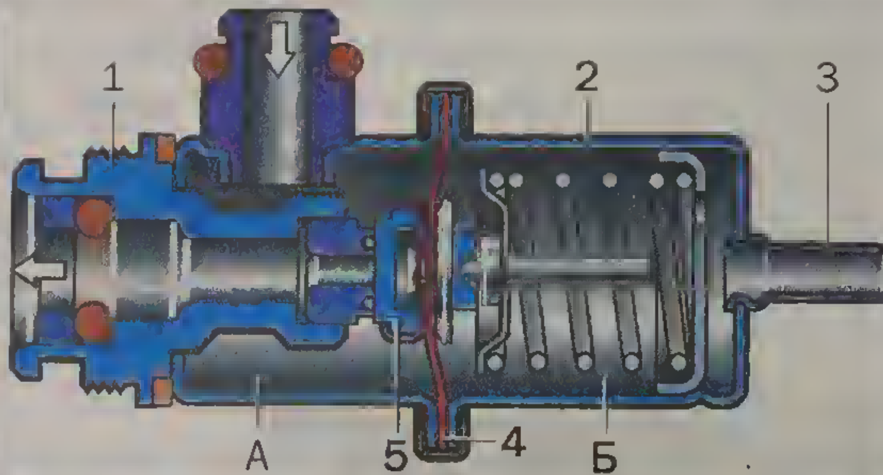
Термостат открыт

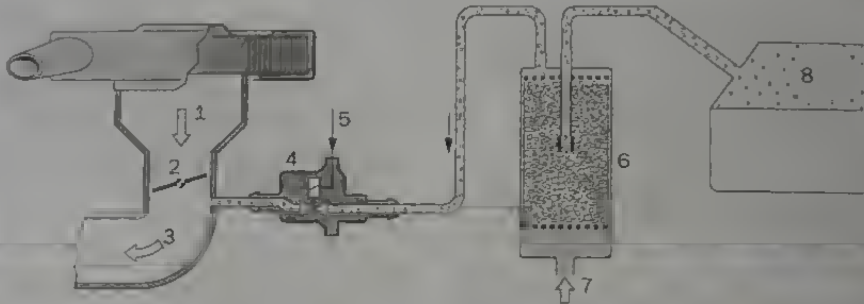

1
2
3
4
8
7
6
5

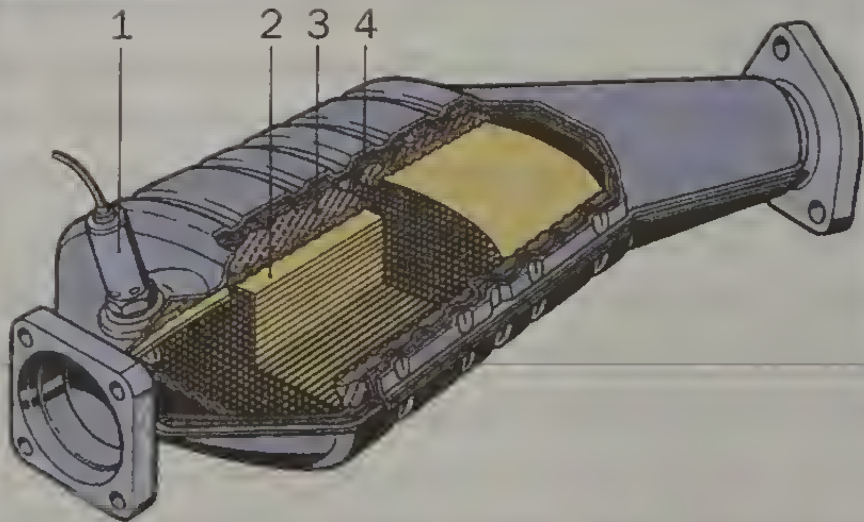


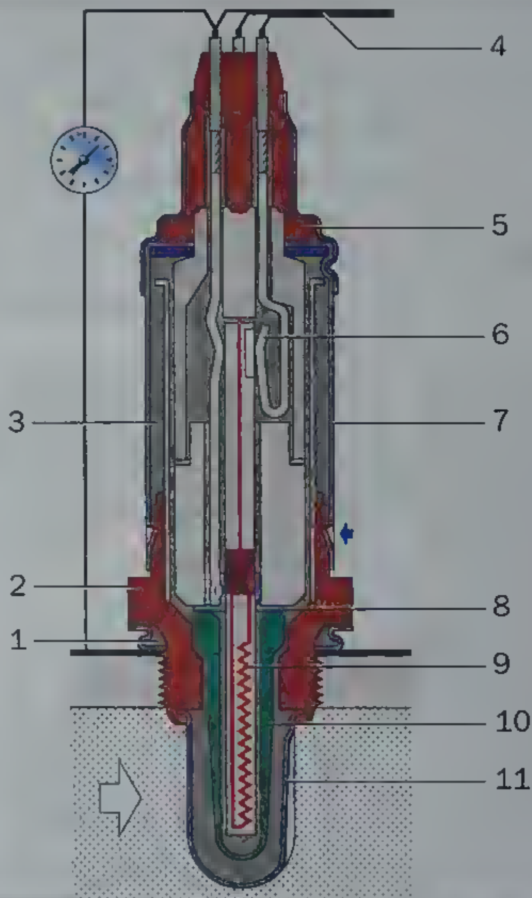
1
2
На большой круг
к радиатору
3
4
5
6
7
Из блока
14
13
12
На малый
круг
к насосу
11
10
9
8

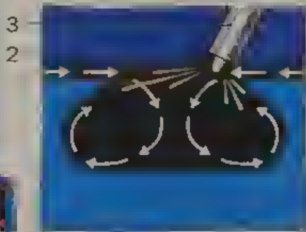
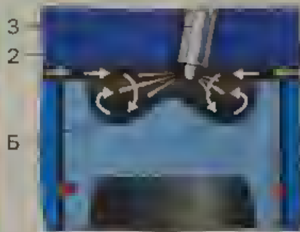

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

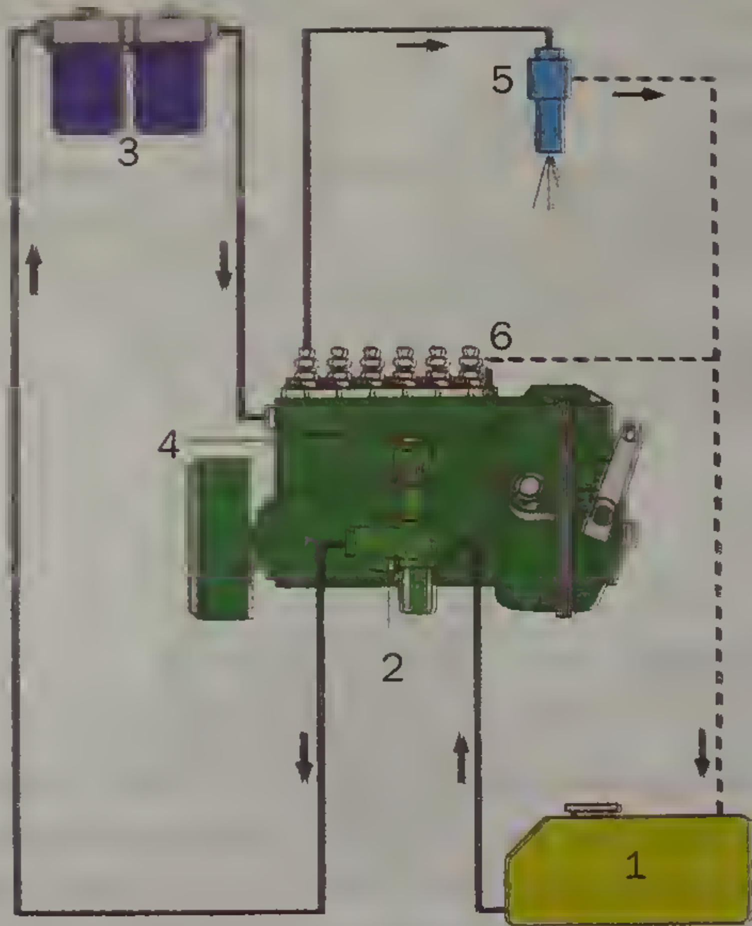

1
2
3
A
5
4
Б


1
2
3
4
5
6
7
8

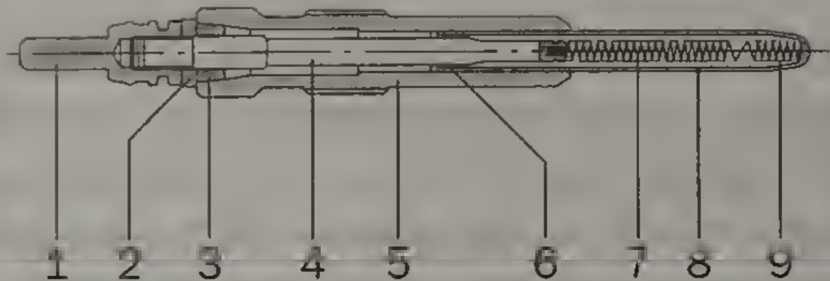

1
2
3
4

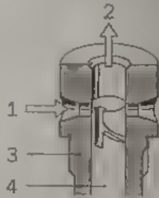

4
5
6
3
7
2
8
1
9
10
11


а
3
2
1
А

б
3
2

в
3
2
Б



3
5
6
4
2
1


1
2
3
4
5
6
7
8
9



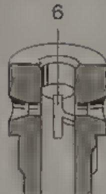


Максимальная подача топлива

Начало подачи топлива (отверстие закрывается)

Конец подачи топлива (отверстие открывается)





Частичная подача топлива

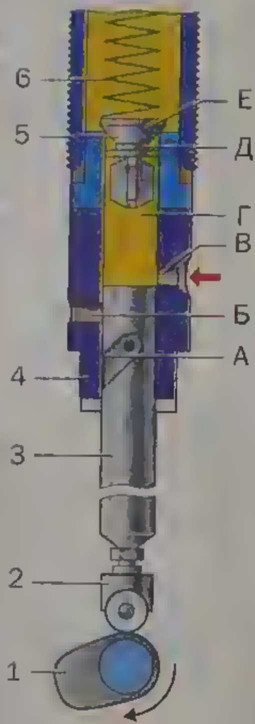
Начало подачи топлива (отверстие закрывается)

Конец подачи топлива (отверстие открывается)



Выключение подачи

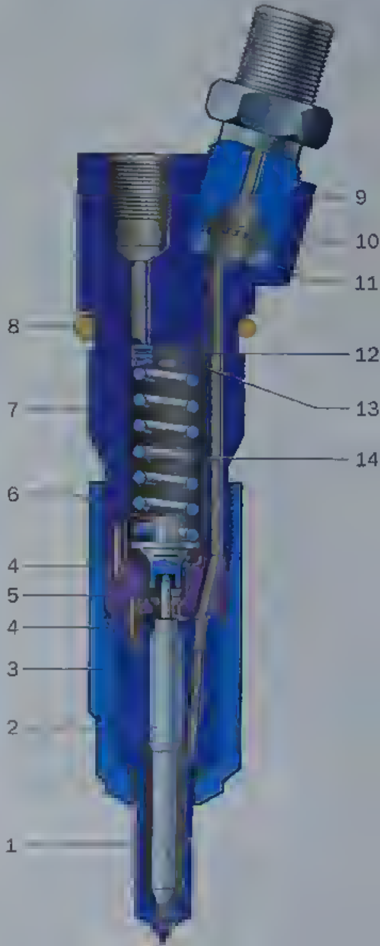
Нижняя точка мертва


I
6
Е
5
Д
Г
В
Б
А
4
3
2
1

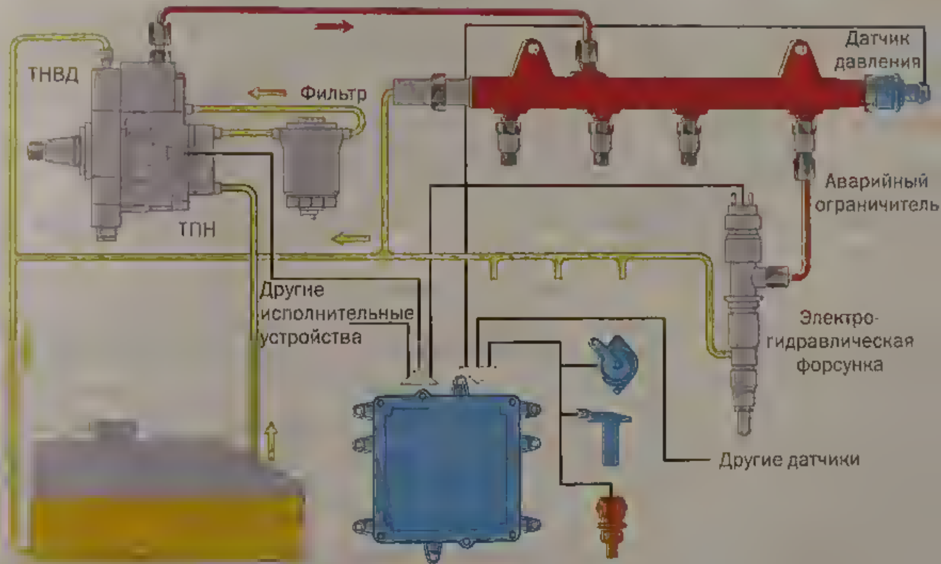

II


III

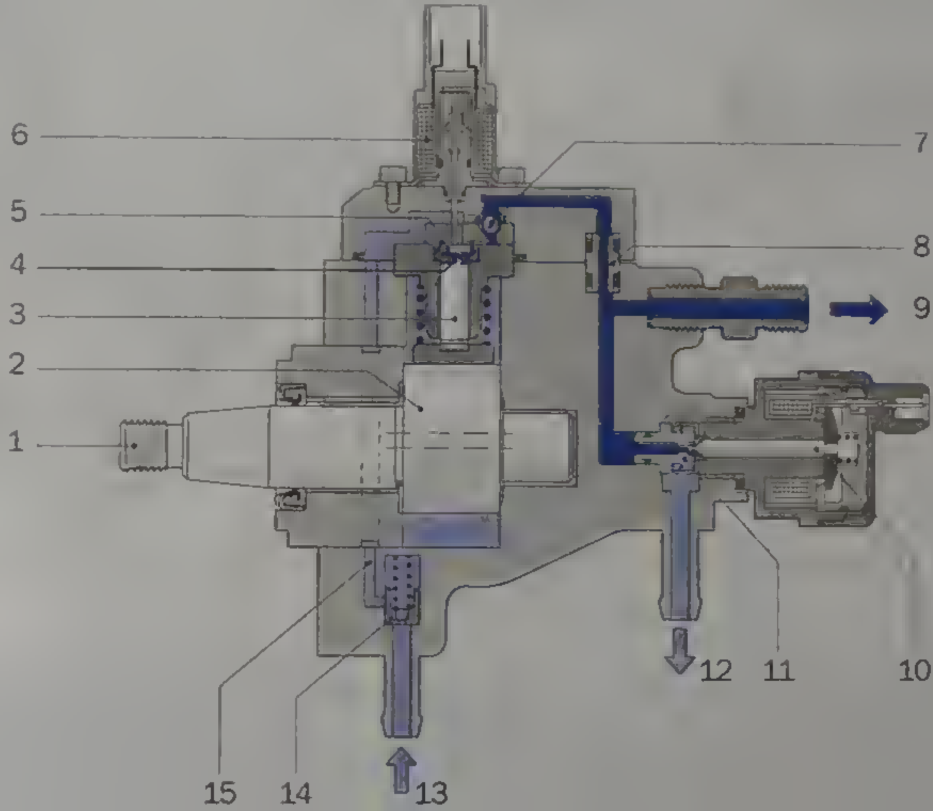

IV

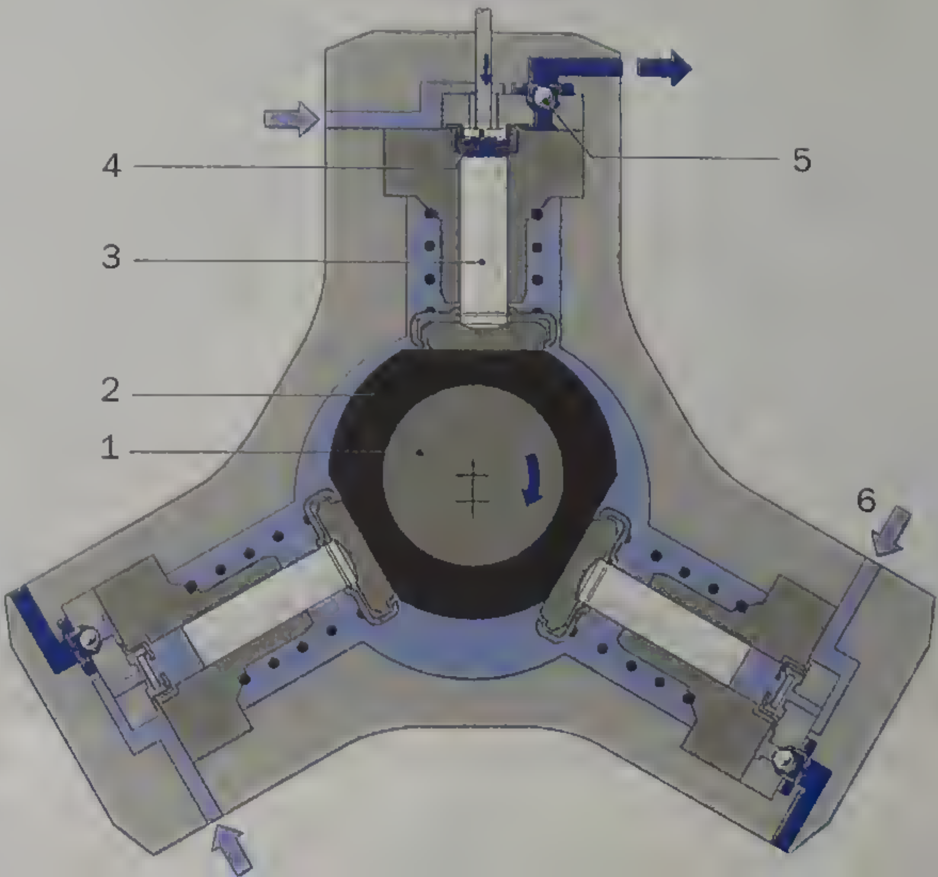


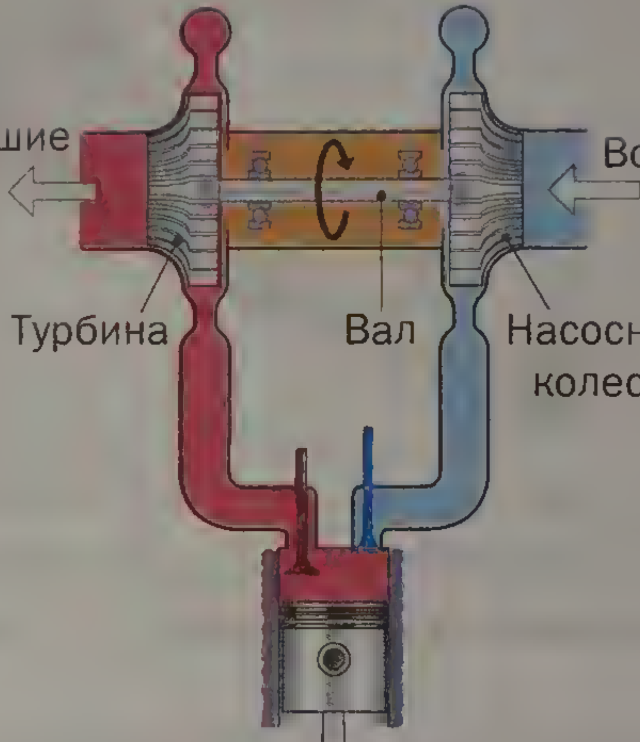
9
10
11
8
12
13
7
14
6
4
5
4
3
2
1



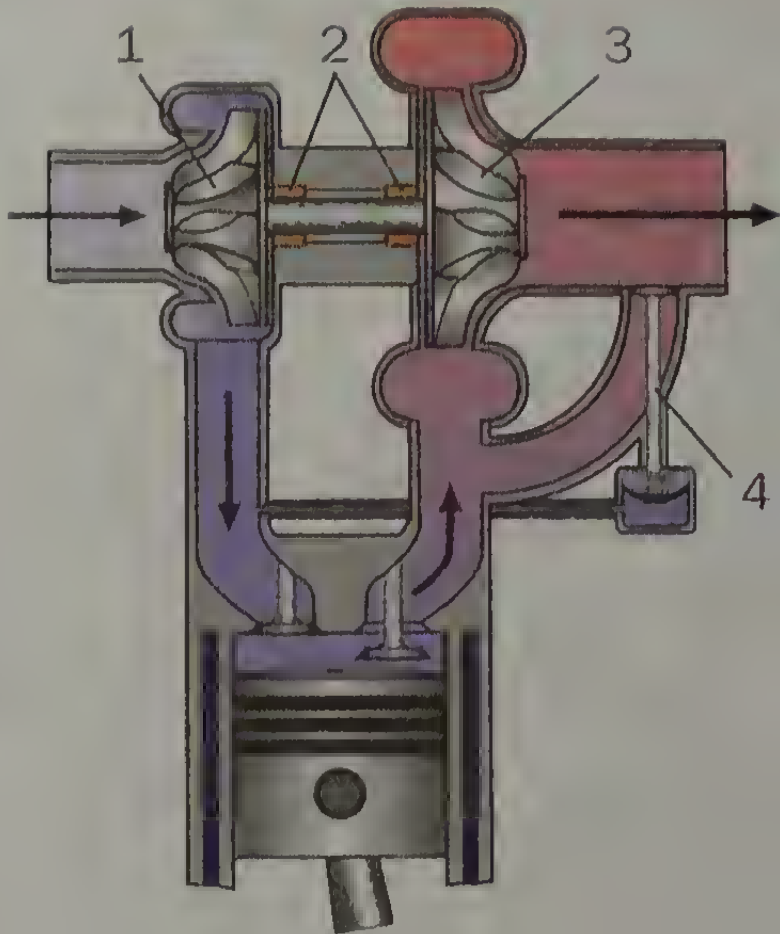
ТНВД
Фильтр
ТПН
Датчик
давления
Аварийный
ограничитель
Другие
исполнительные
устройства
Электро-
гидравлическая
форсунка
Другие датчики

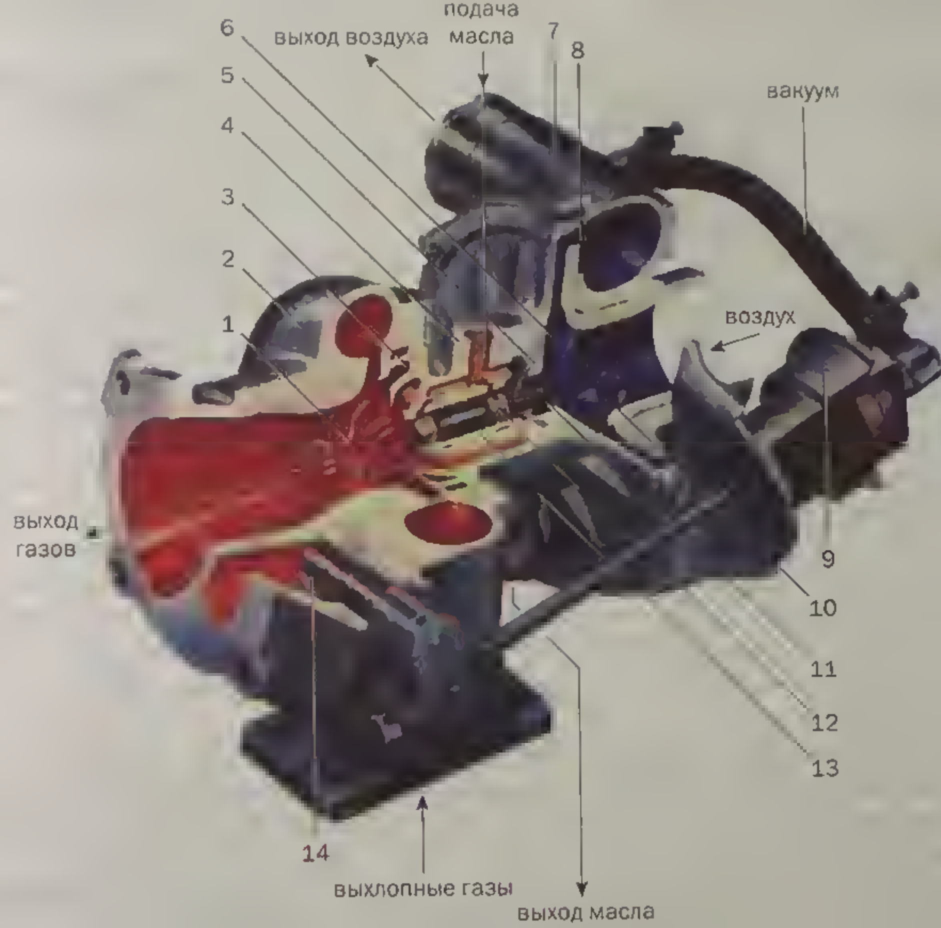

6
5
4
3
2
1
7
8
9
10
11
12
13
14
15

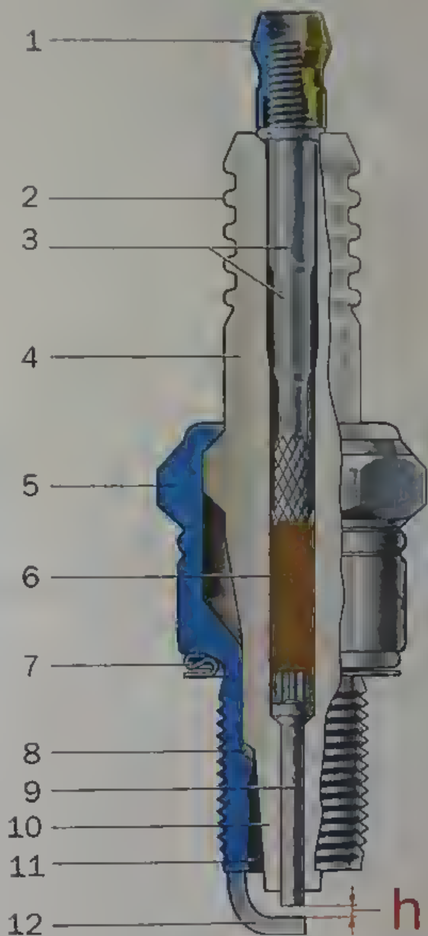

4
5
3
2
1
6

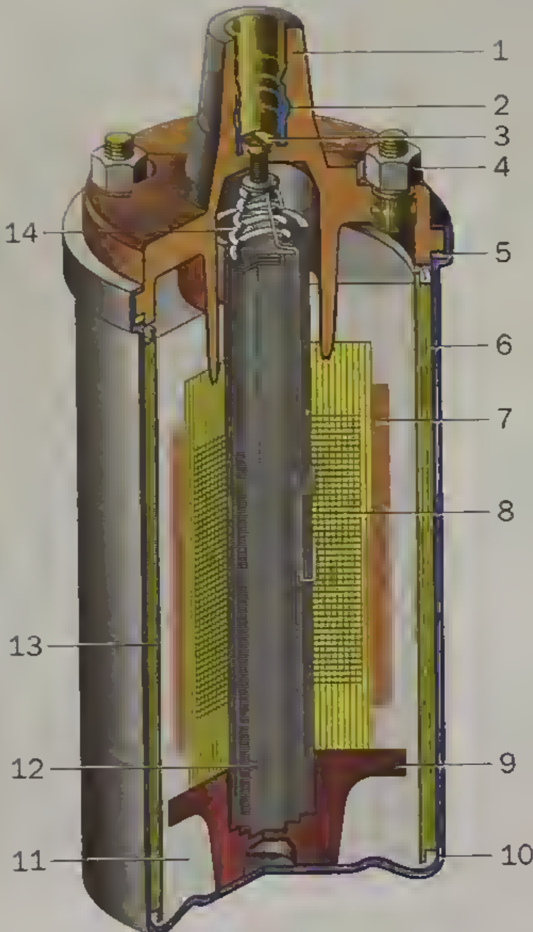

Отработавшие газы
Воздух
Турбина
Вал
Насосное колесо

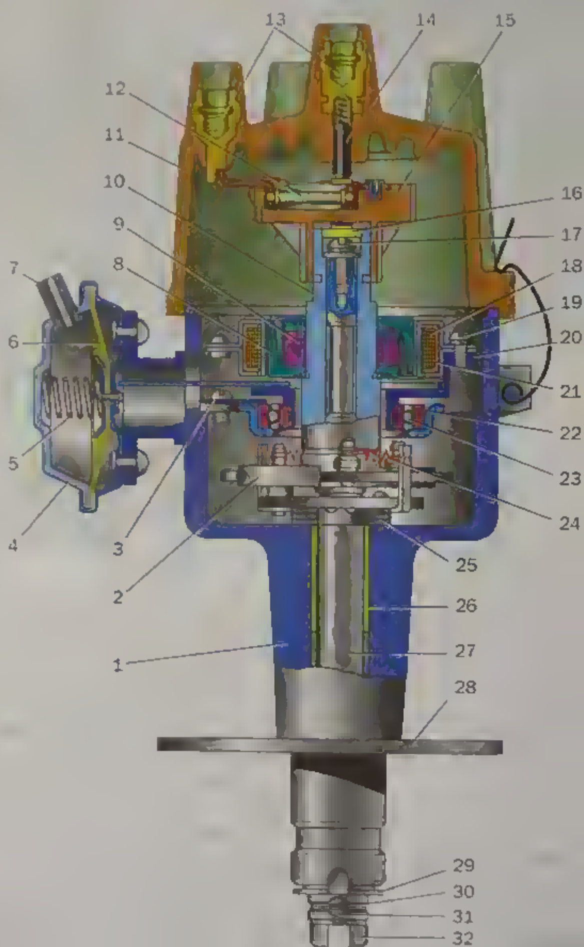

Радиатор


1
2
3
4

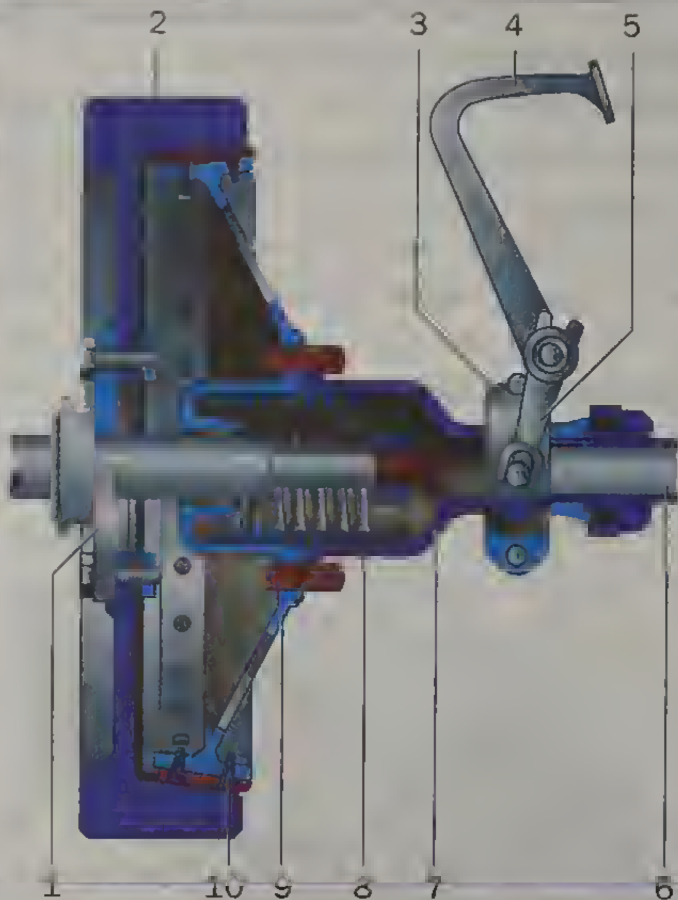

подача
масла
выход воздуха
вакуум
воздух
выход
газов
выхлопные газы
выход масла
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

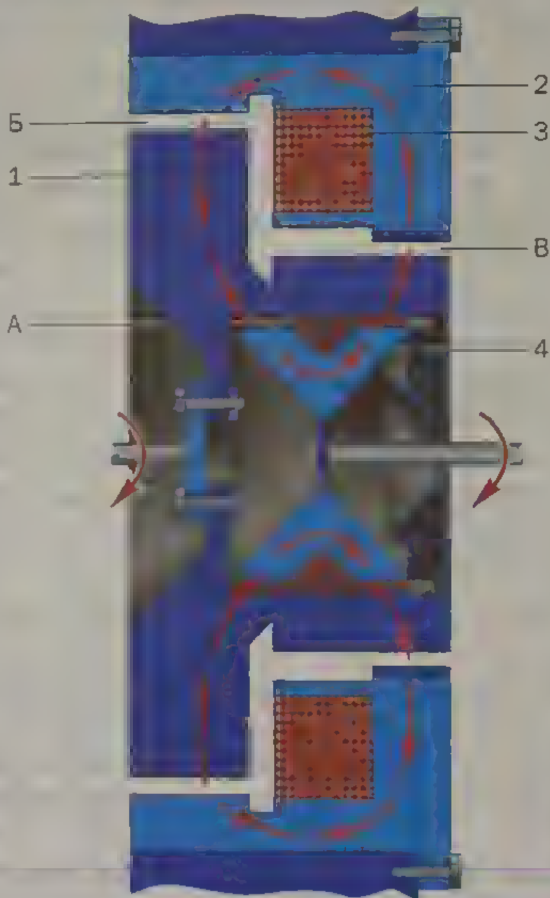

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
h


1
2
3
4
14
5
6
7
8
13
12
9
11
10

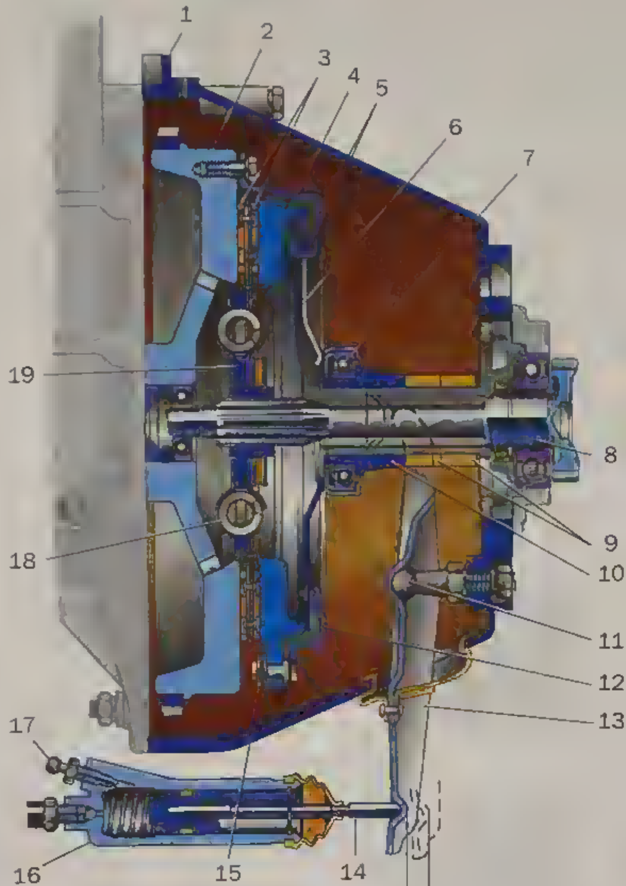


13
14
15
12
11
10
16
9
17
8
18
7
19
6
20
21
22
5
23
24
4
3
25
2
26
1
27
28
29
30
31
32


2
3
4
5
1
10
9
8
7
6

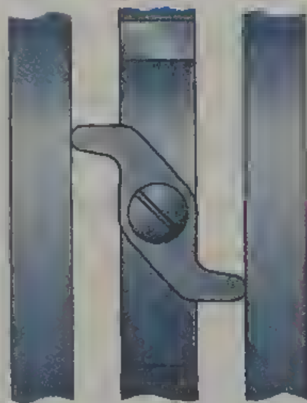


2
5
3
1
B
A
4


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
Рабочий ход не менее 14 мм

а

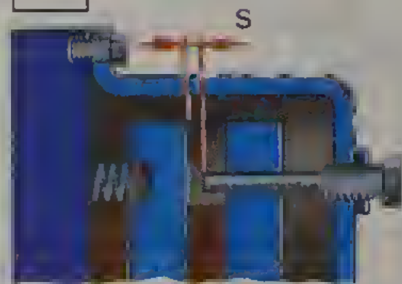


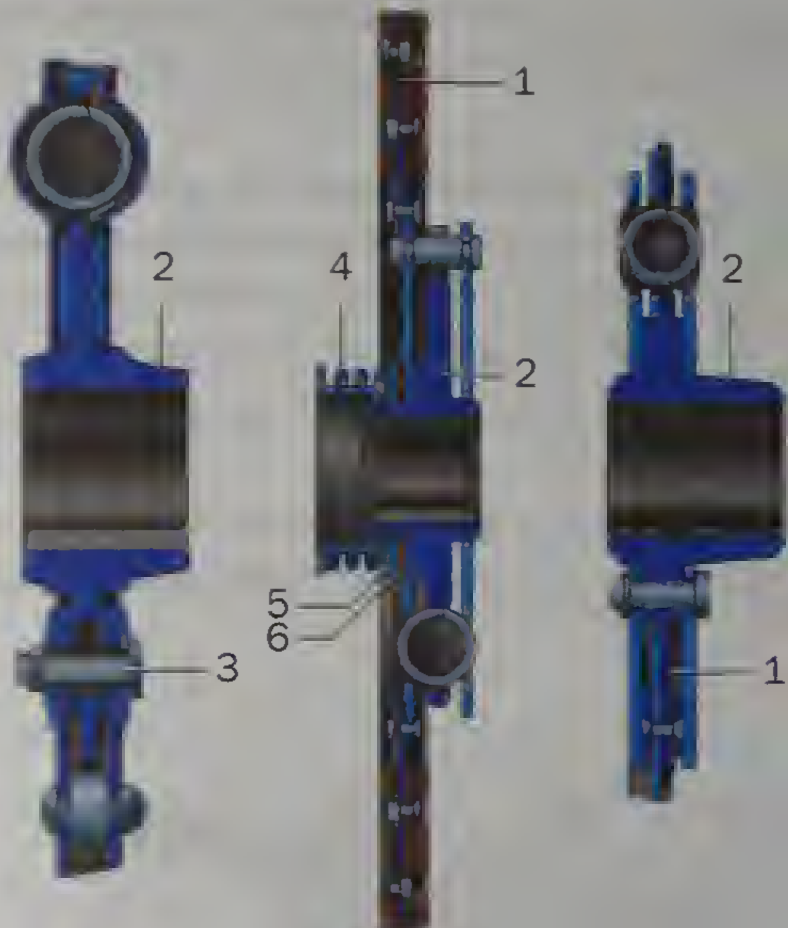


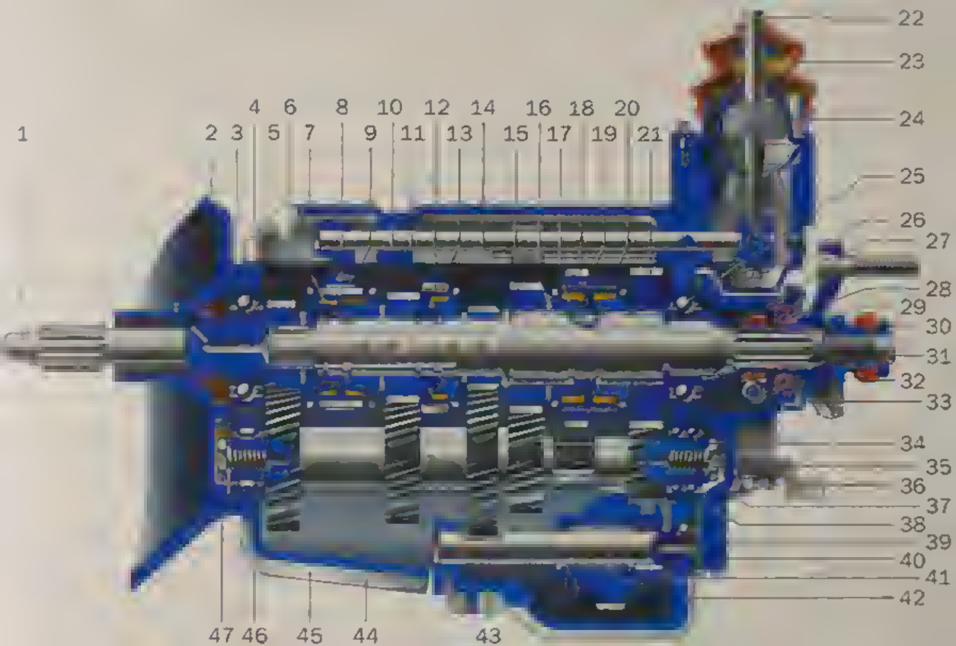
б



в



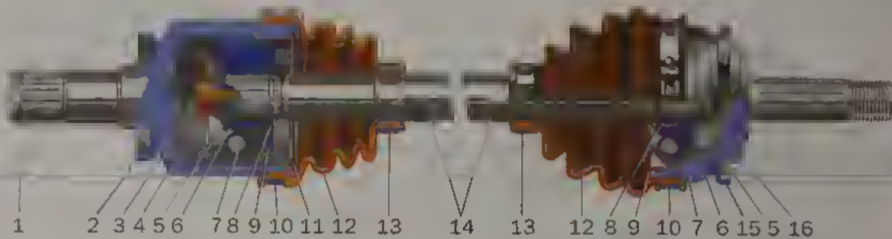

1
2
4
2
5
6
3
2
1


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

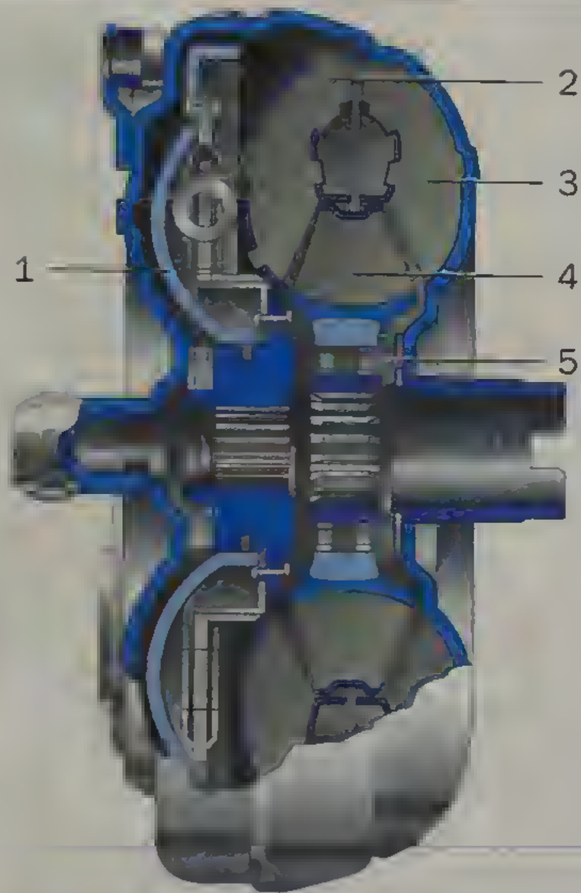
1 2 3 4 5

6



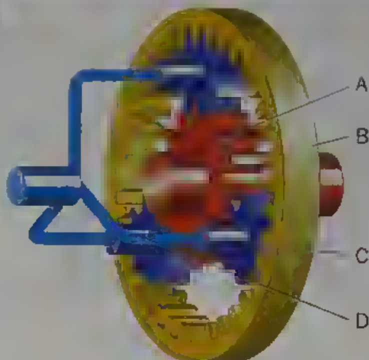


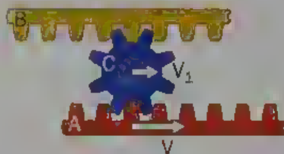
1
2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12
13
14
13
12 8 9 10 7 6 15 5 16

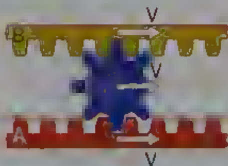


2
3
1
4
5

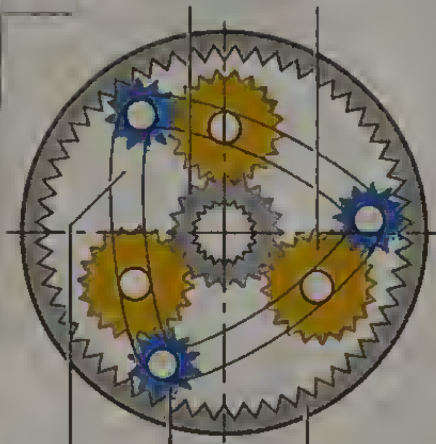
a

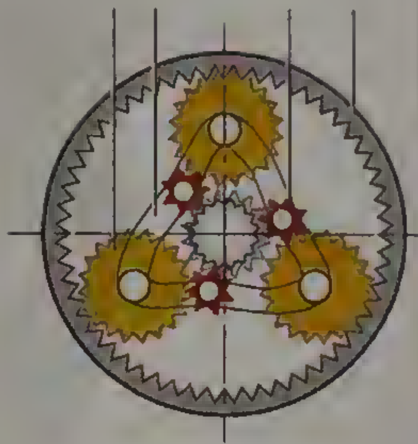


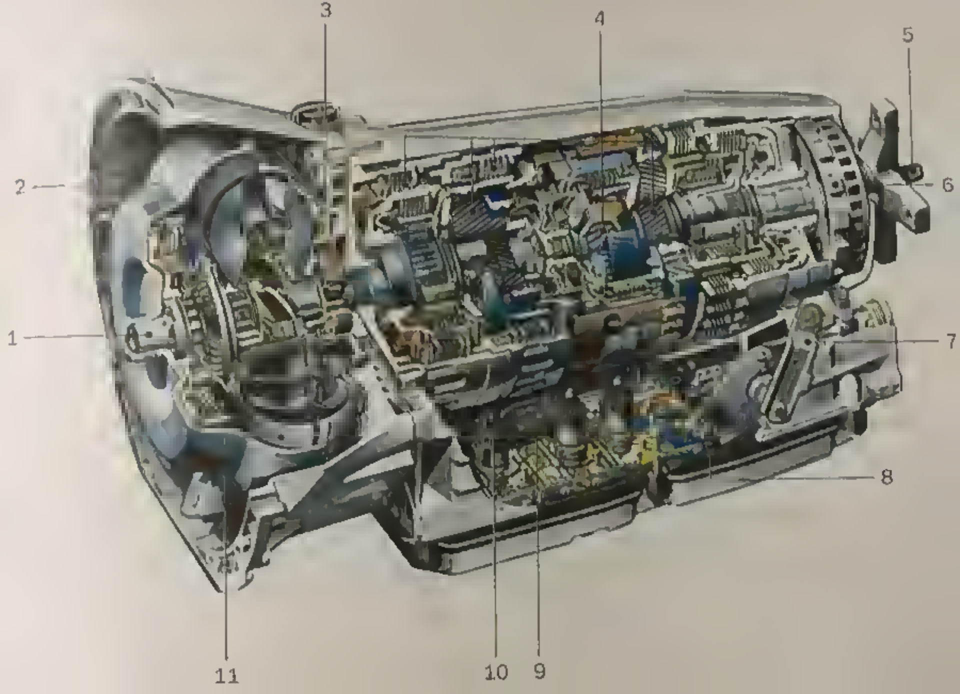


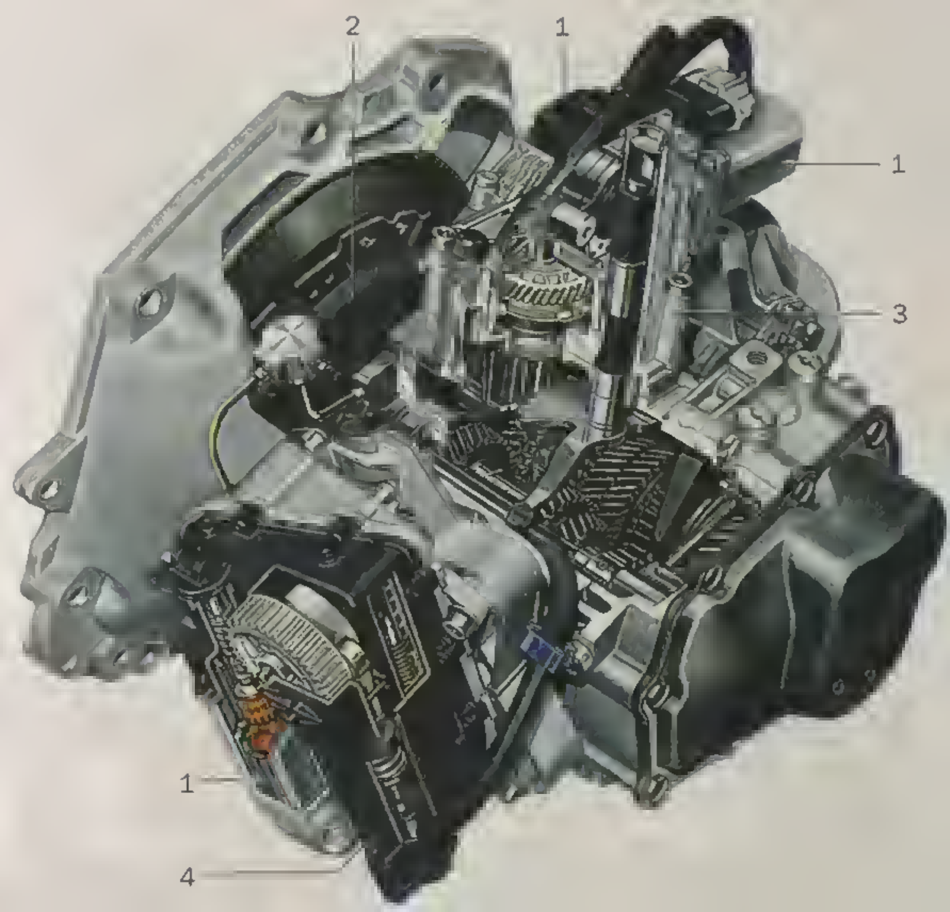


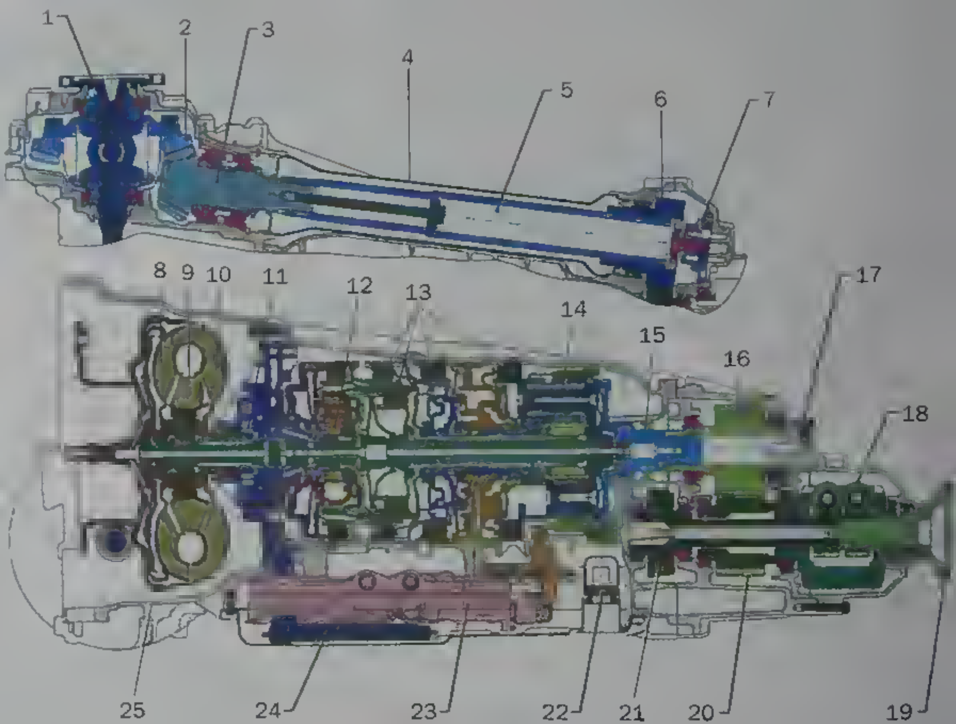
б

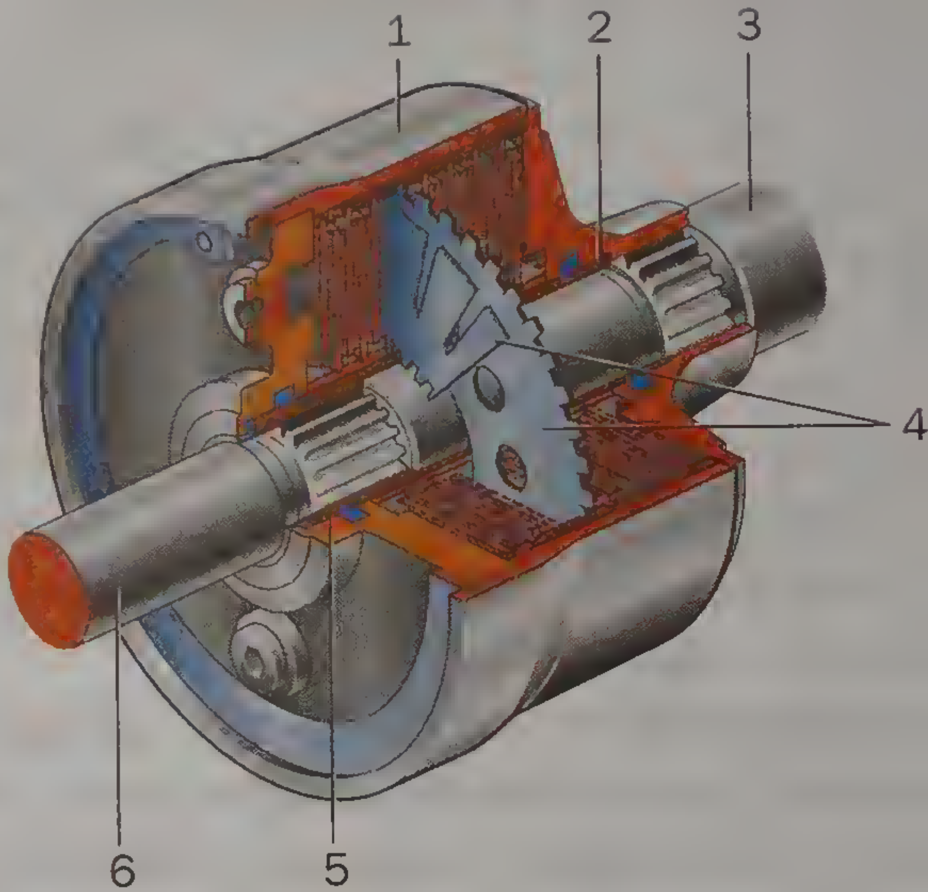


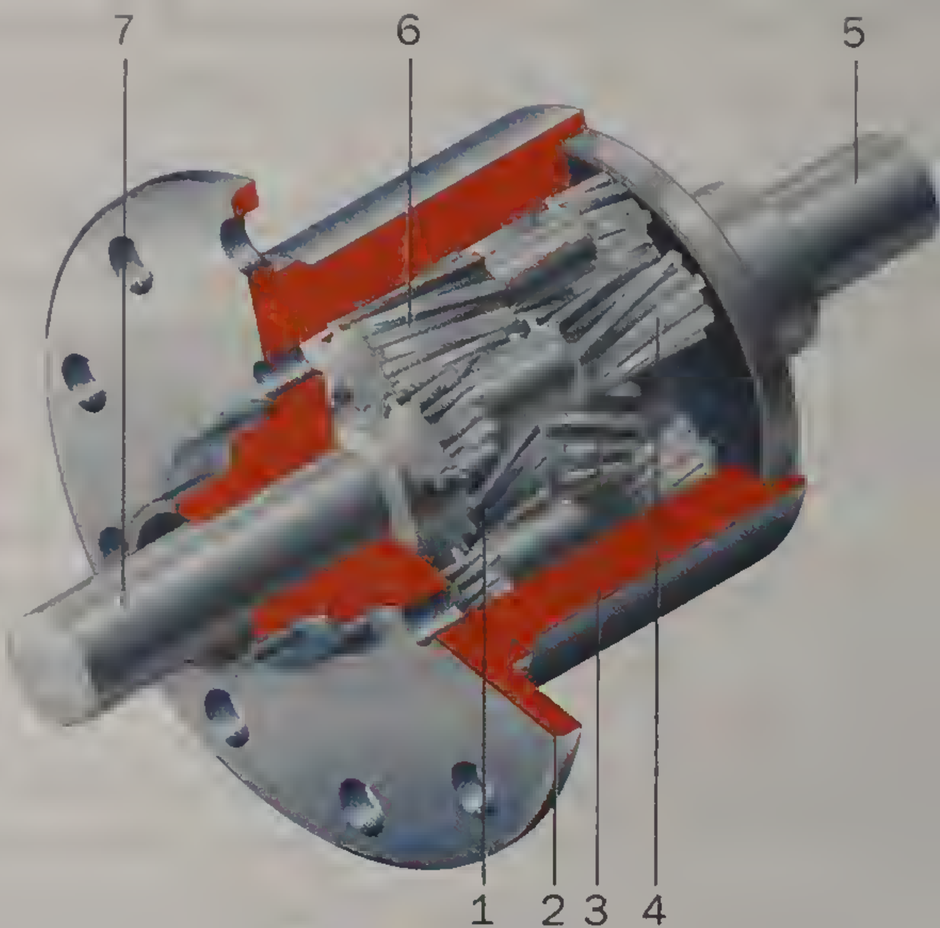


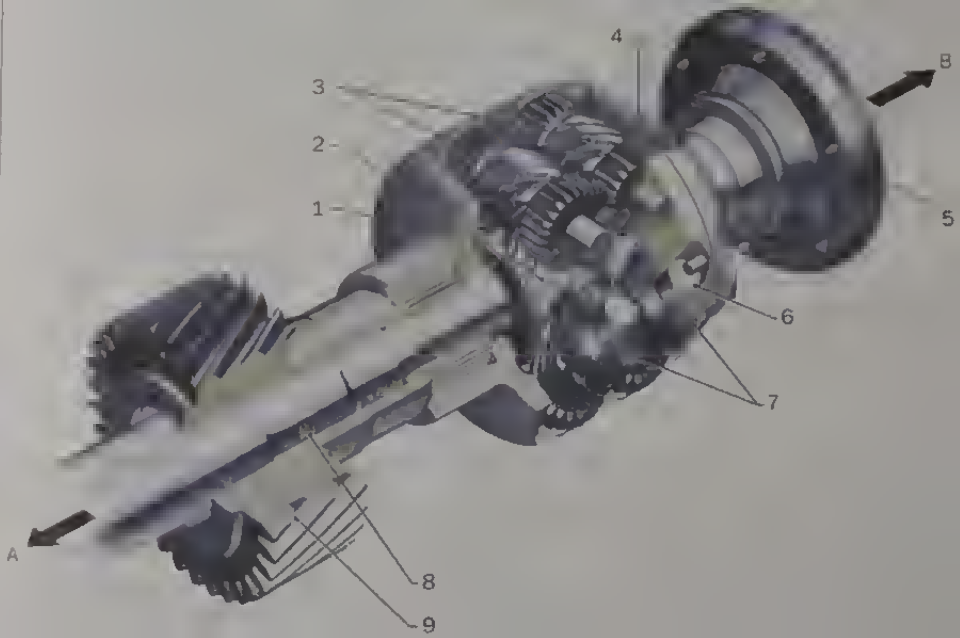

3
4
5
2
6
1
7
8
11
10
9


2
1
1
3
1
4


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25


1
2
3
4
5
6

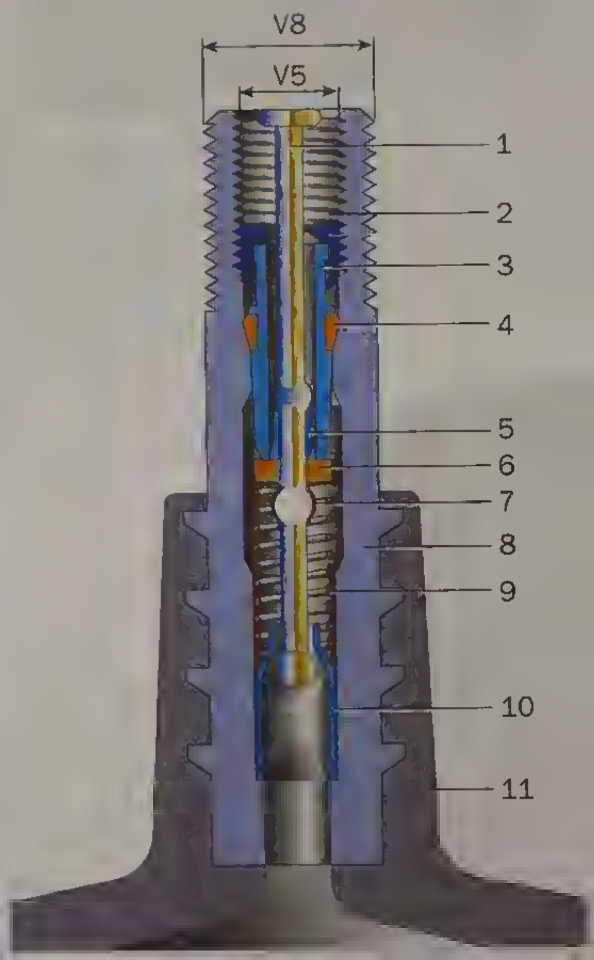

7
6
5
1
2
3
4



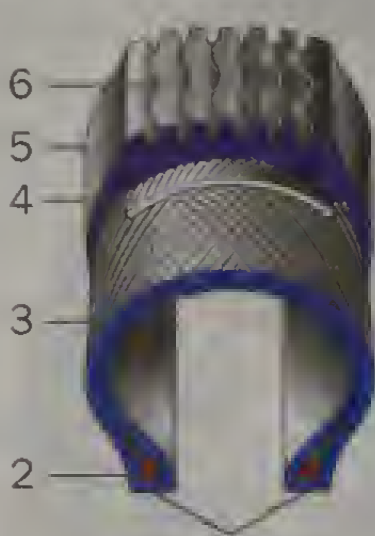
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B

а





V8
V5
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


а
6
5
4
3
2
1


б
4
3


а

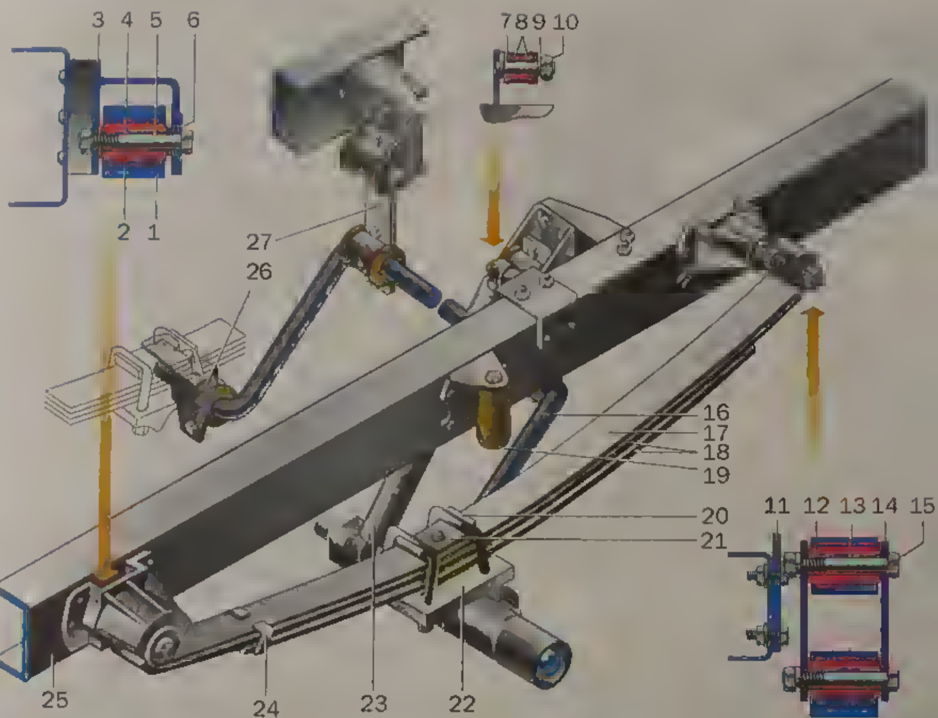

б

а

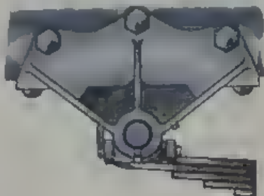


б




3 4 5 6
2 1
7 8 9 10
27
26
16
17
18
19
20
21
11 12 13 14 15
25
24
23
22

а





б



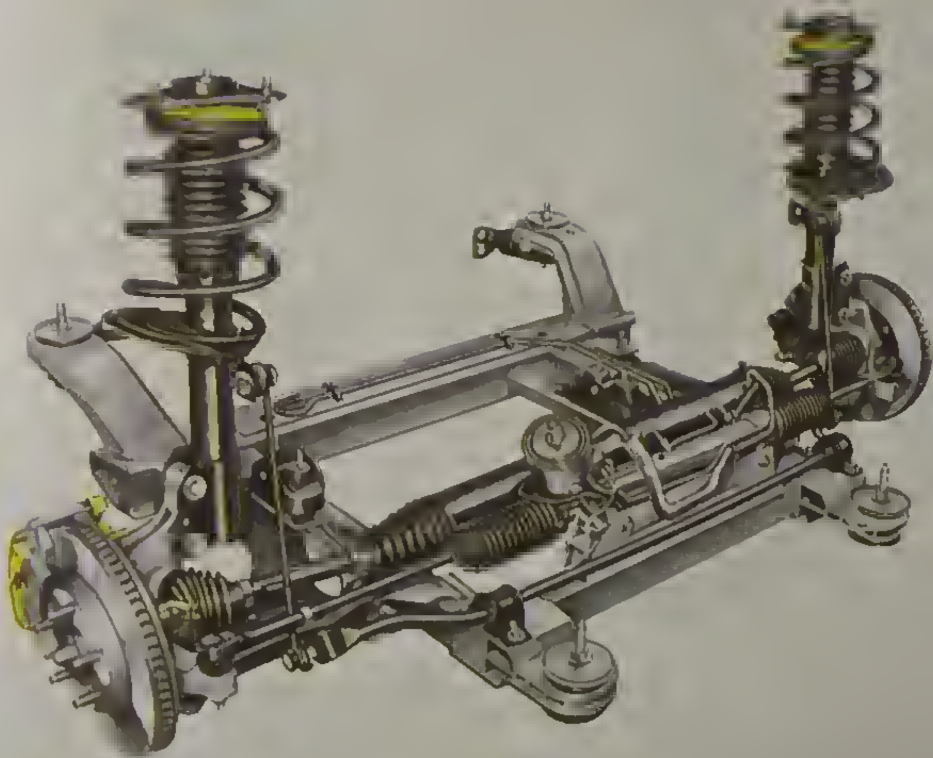


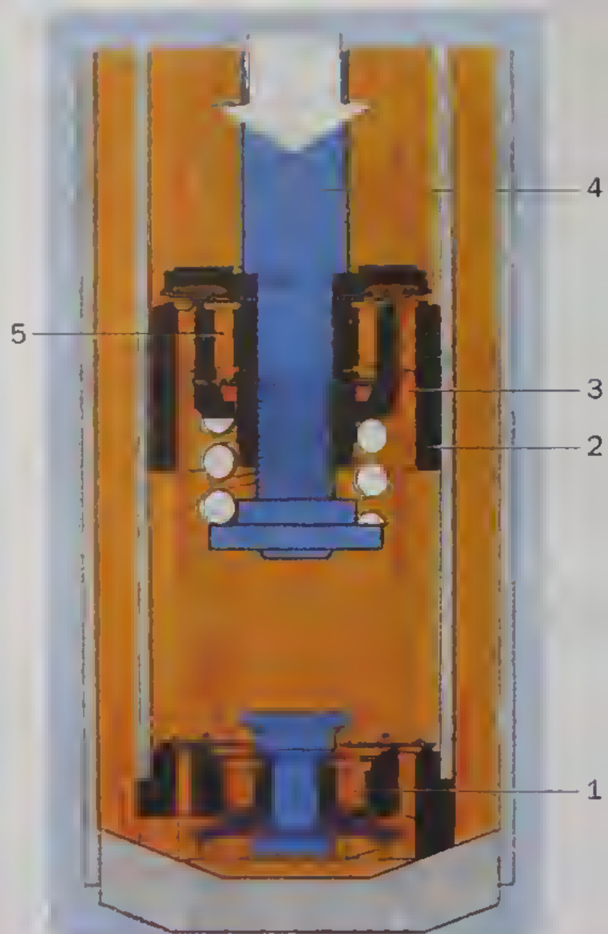
в

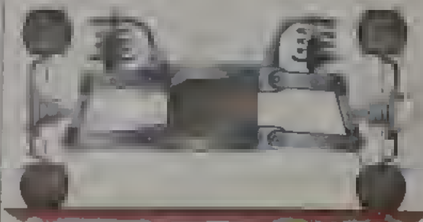






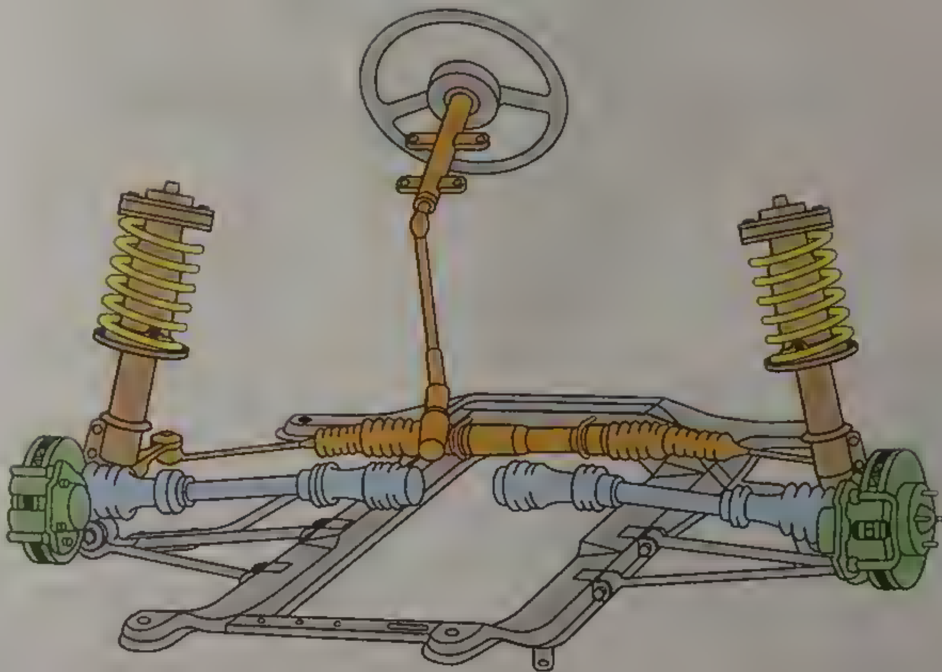


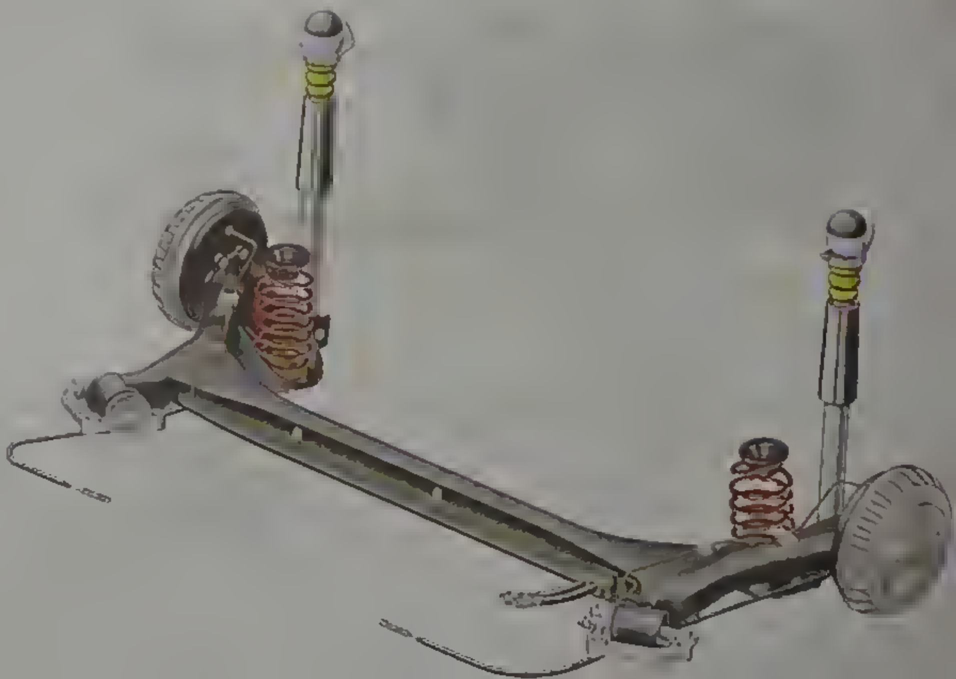

4
5
3
2
1

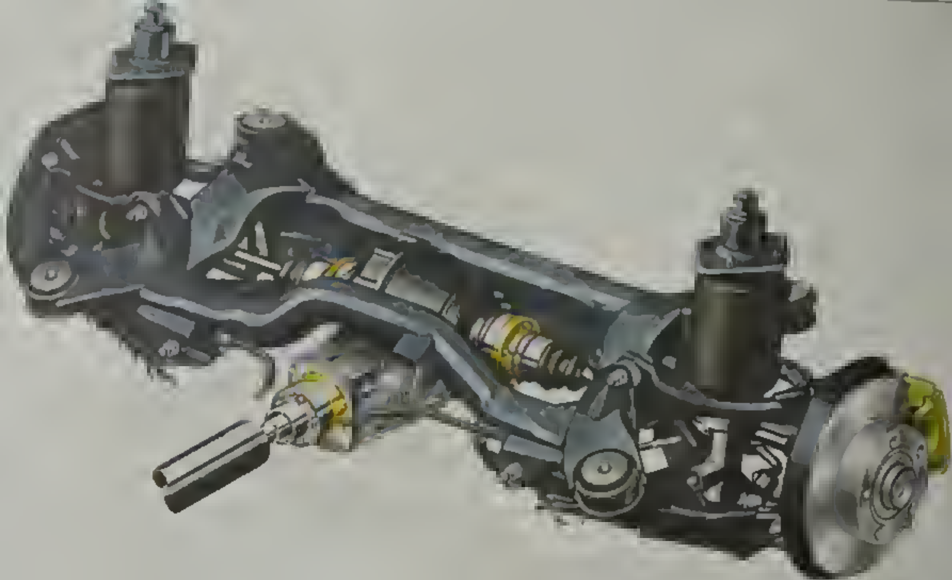


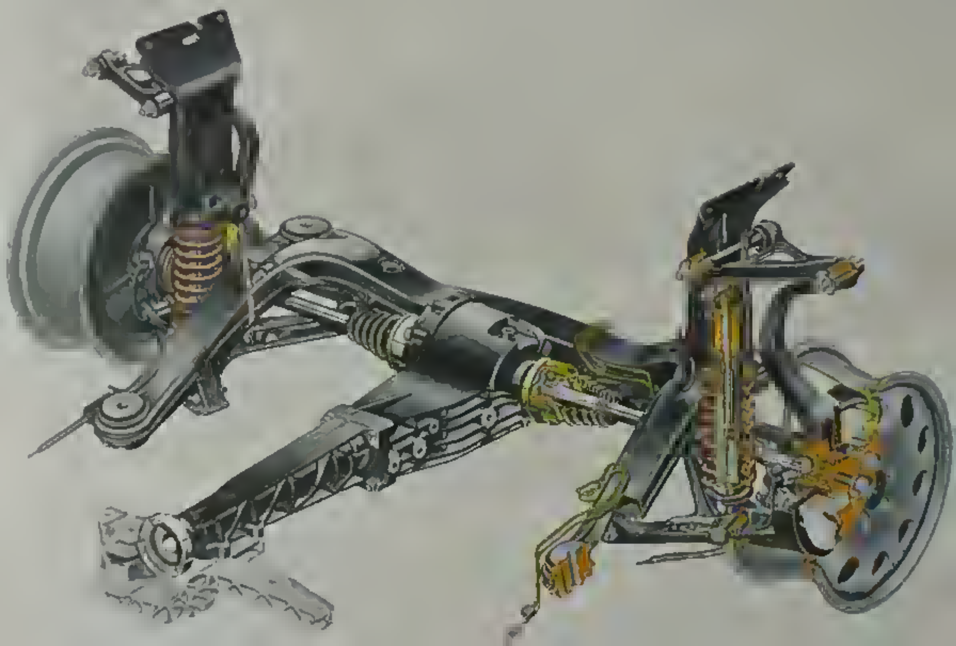
Положительное плечо обкатки

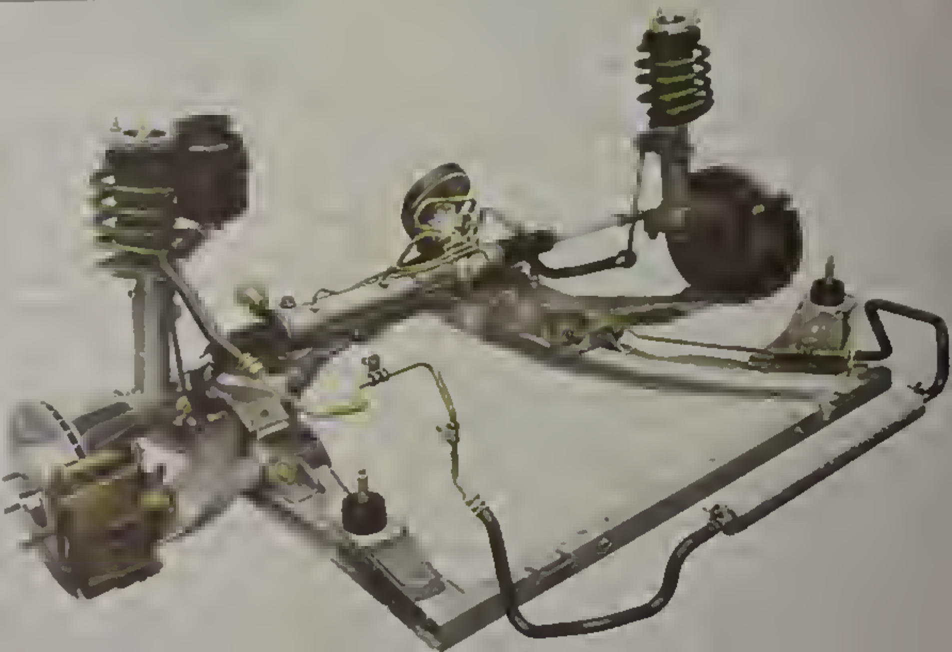


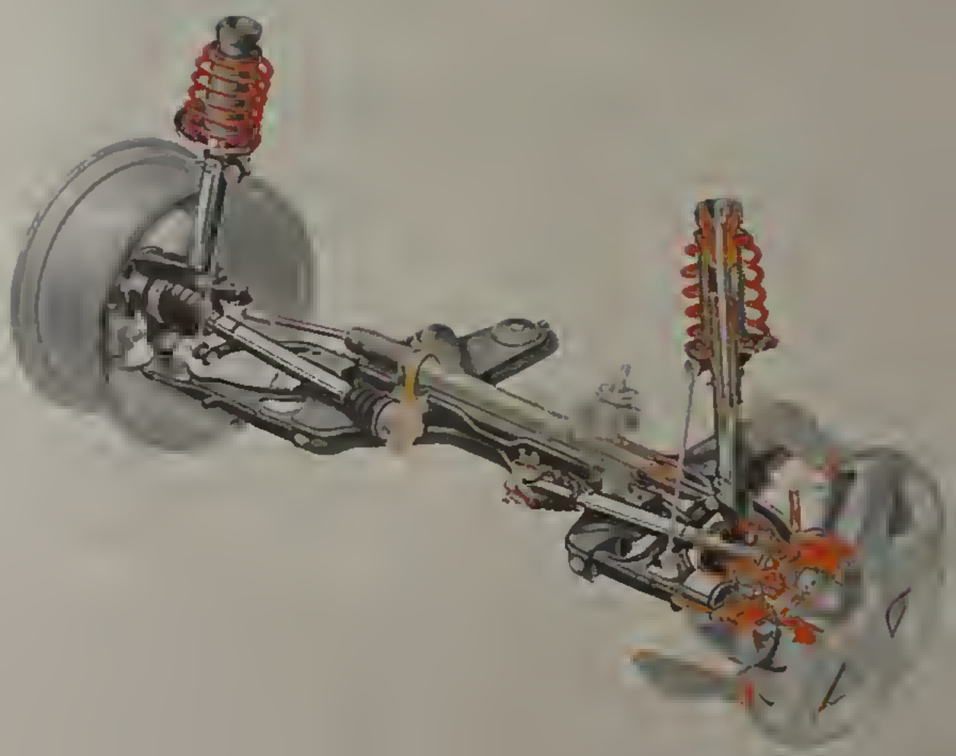


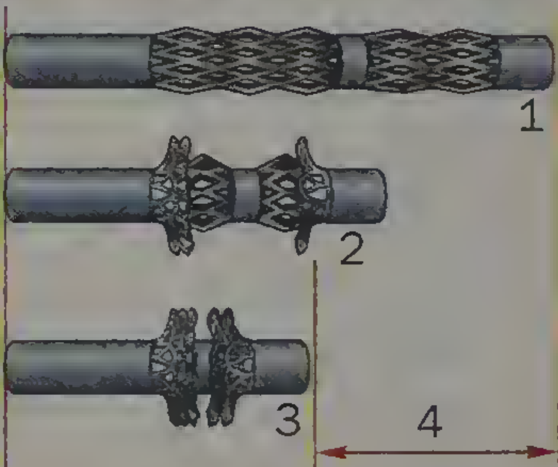


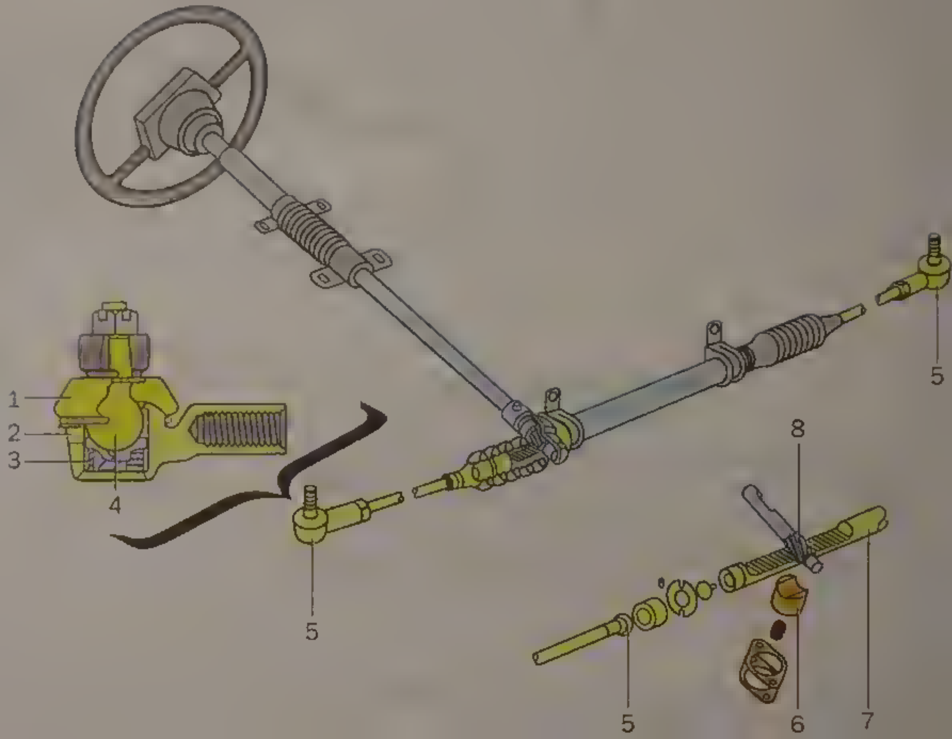


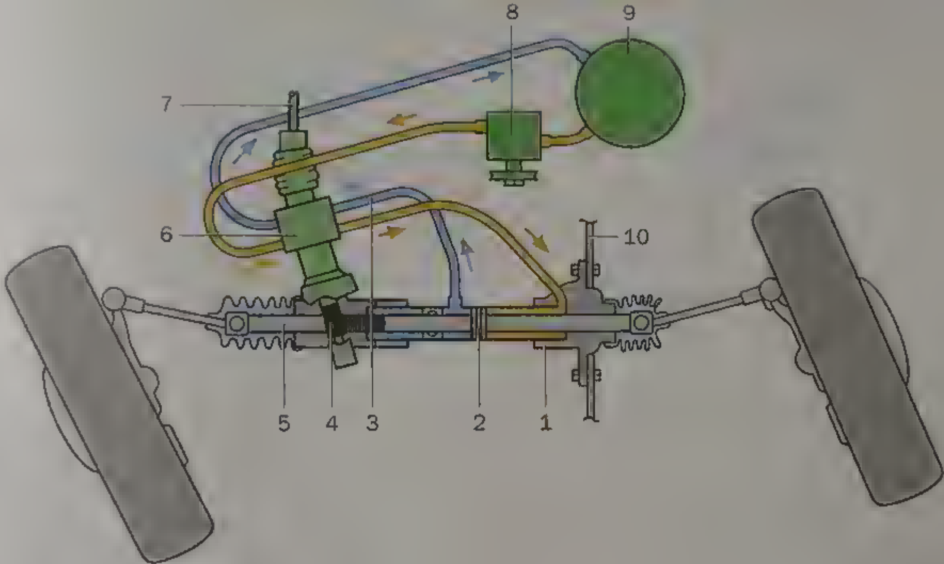




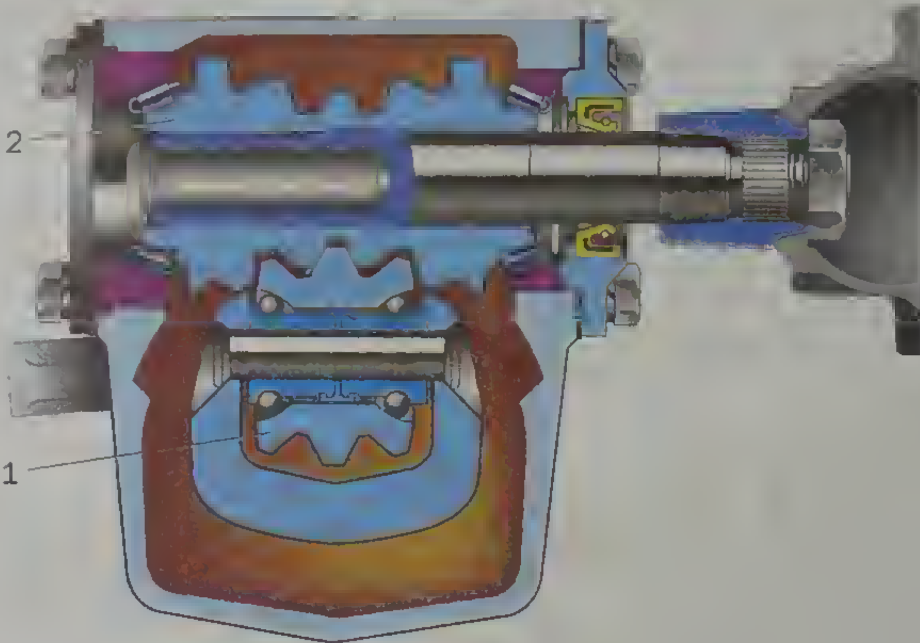


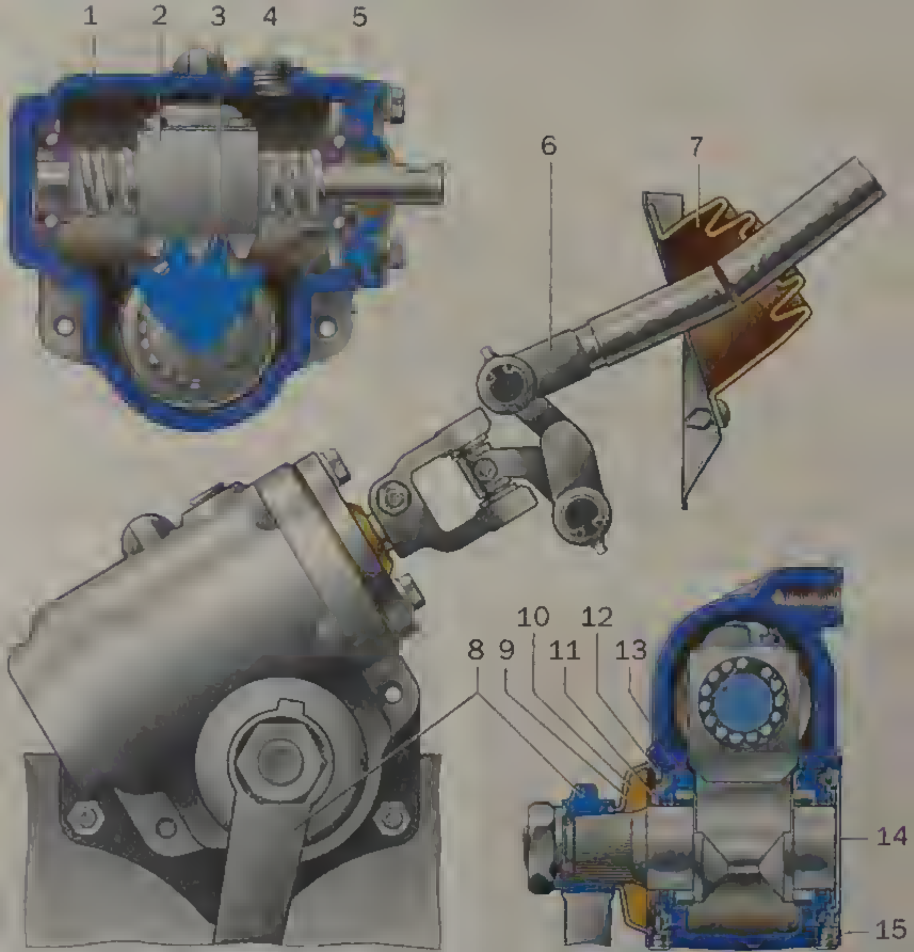

1
2
3
4


1
2
3
4
5
5
5
6
7
8



8
9
7
6
10
5
4
3
2
1


2
1


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

3 4 5 6 7 8 9 10

A-A

A

2

1

11 12 13 14

15

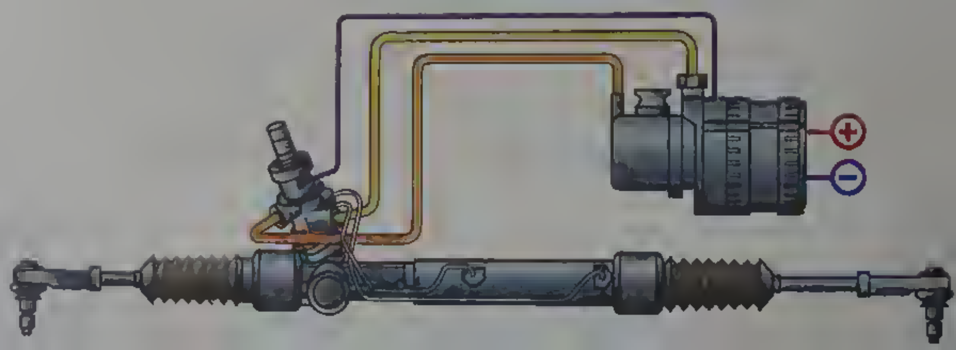
16

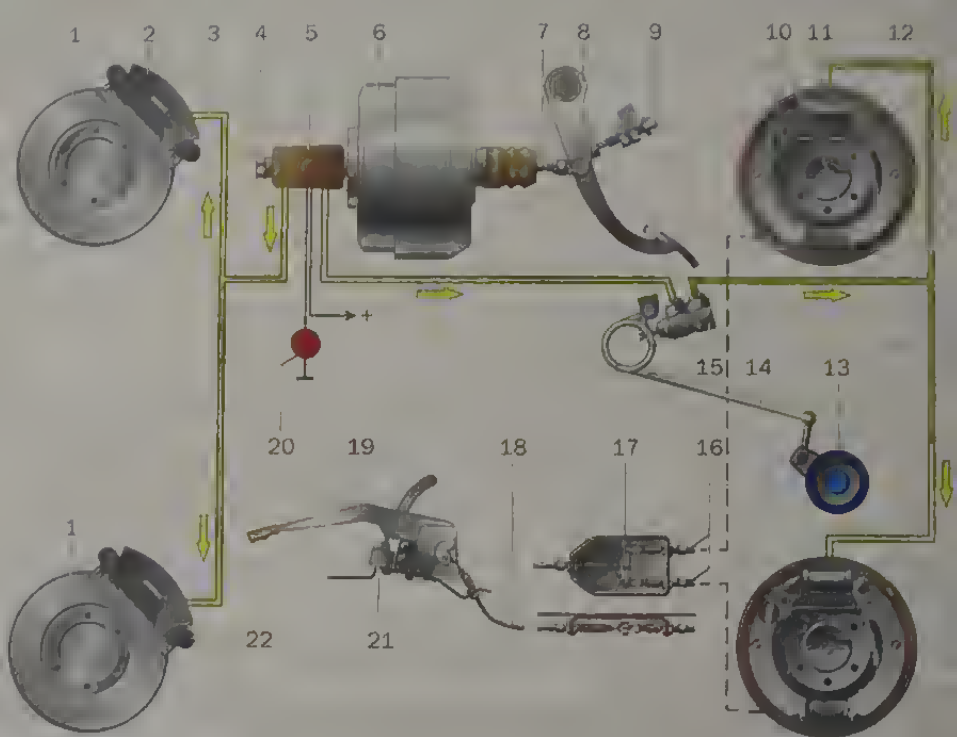
A

17

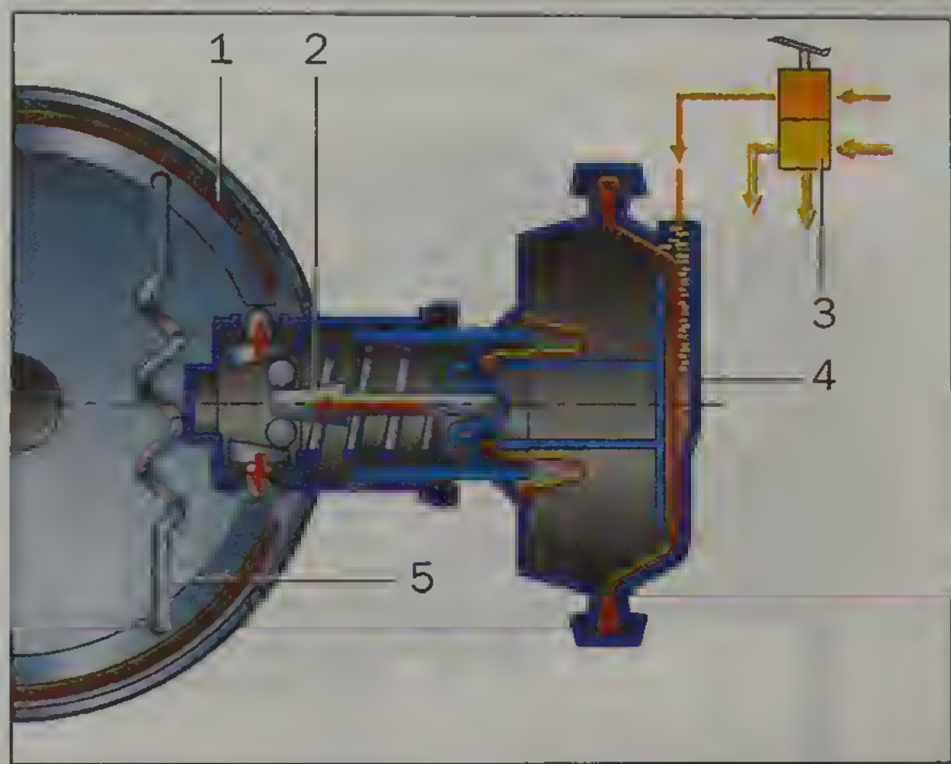
18

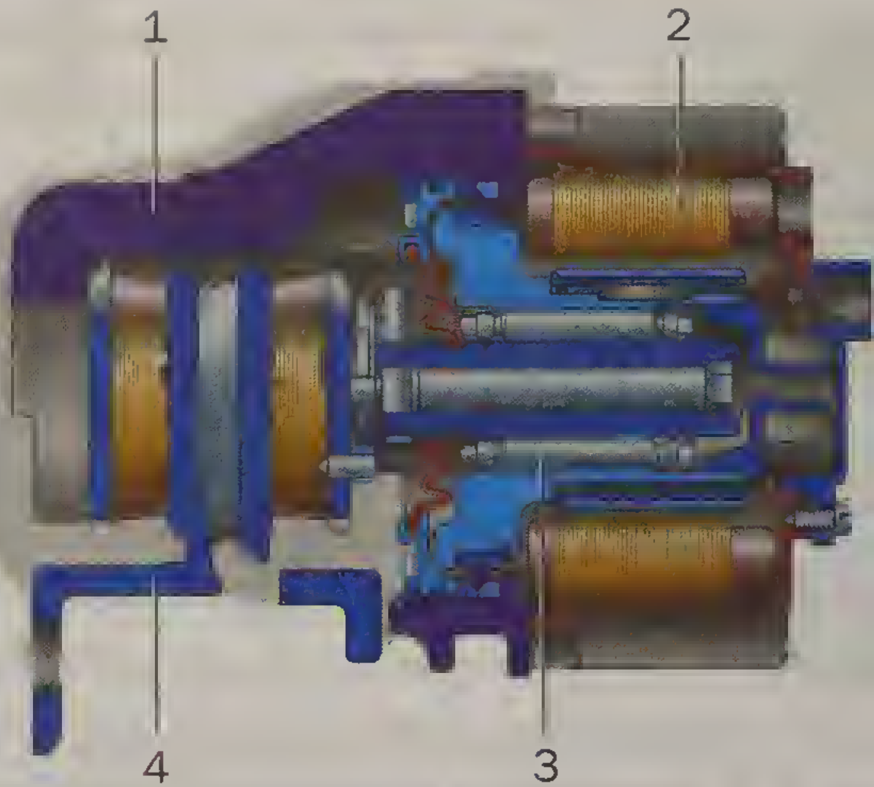


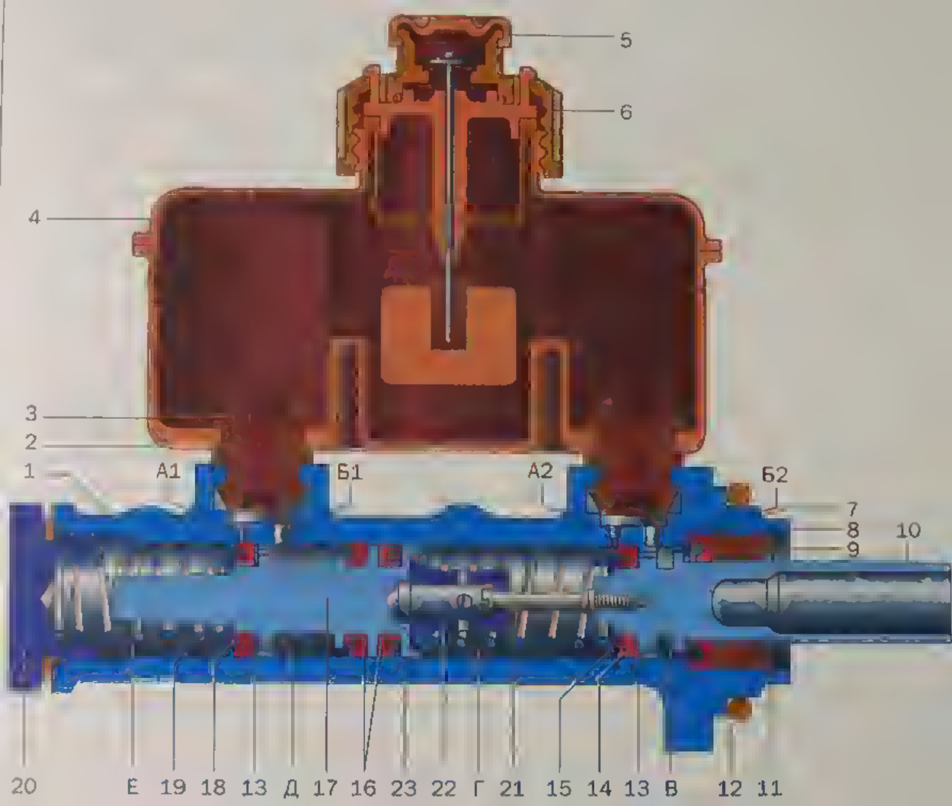




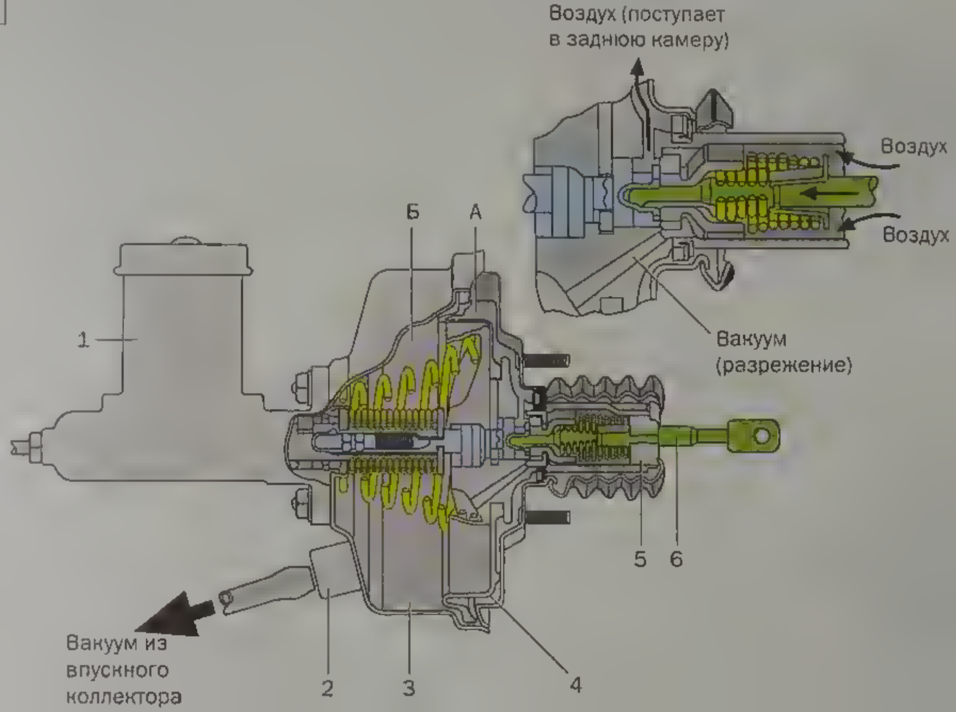
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
15
14
13
20
19
18
17
16
1
22
21


1
2
3
4
5

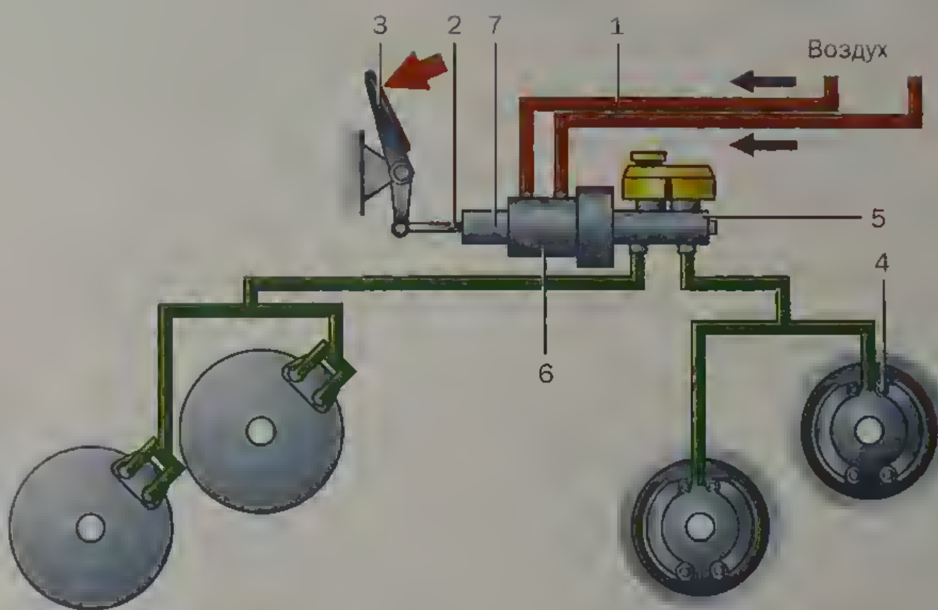

1
2
4
3



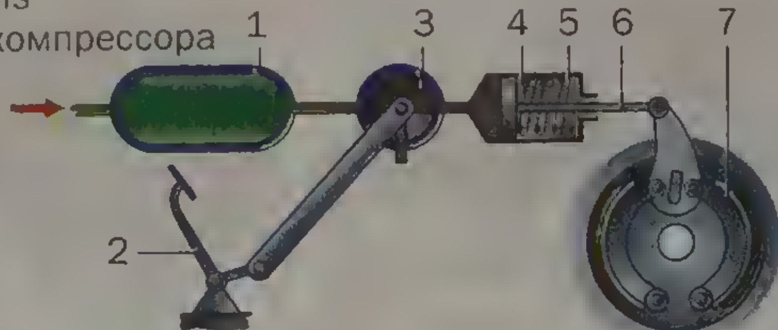
5
6
4
3
2
1
А1
Б1
А2
Б2
7
8
10
9
20
Е
19
18
13
Д
17
16
23
22
Г
21
15
14
13
В
12
11



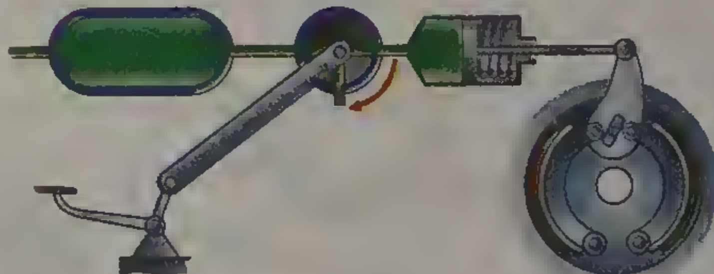
Воздух (поступает
в заднюю камеру)
Воздух
Воздух
Вакуум
(разрежение)
Б
А
1
5
6
Вакуум из
впускного
коллектора
2
3
4

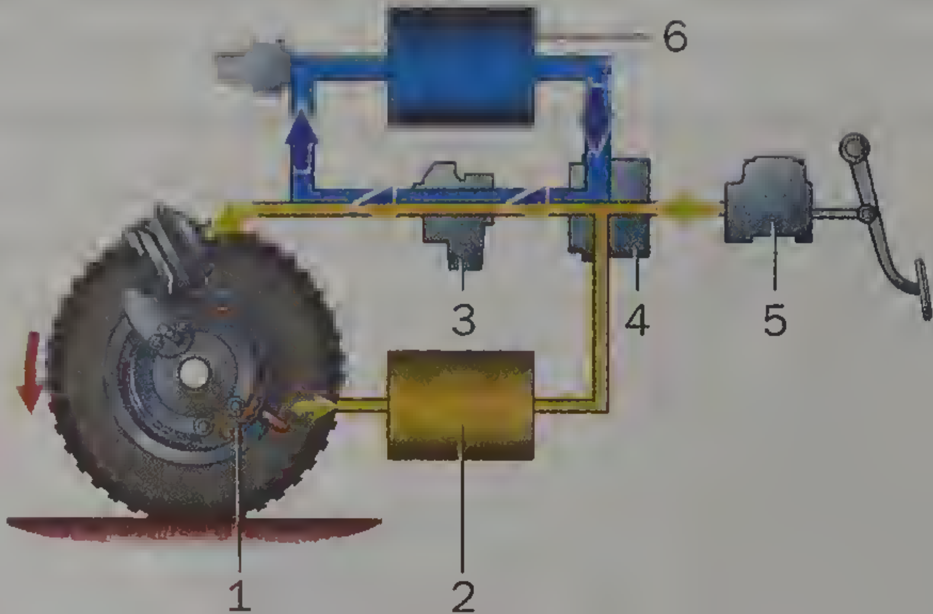

3
2
7
1
Воздух
5
4
6

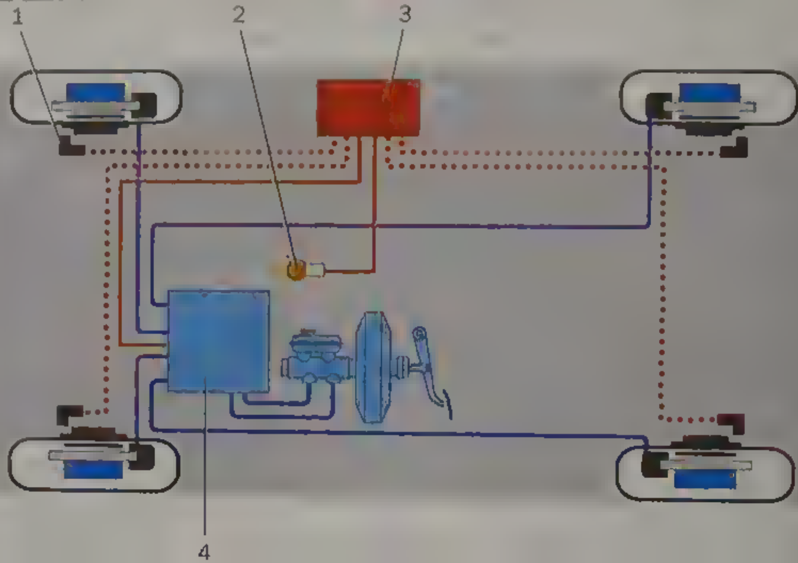
а

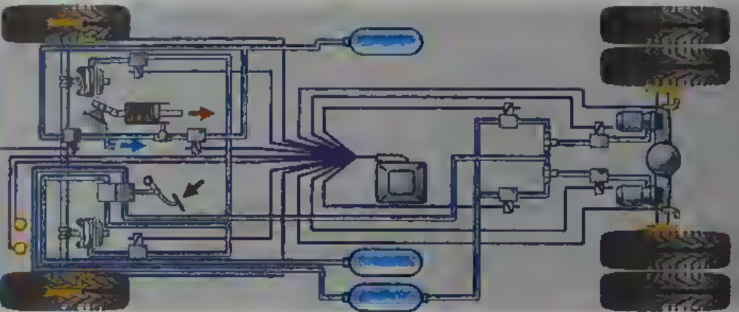


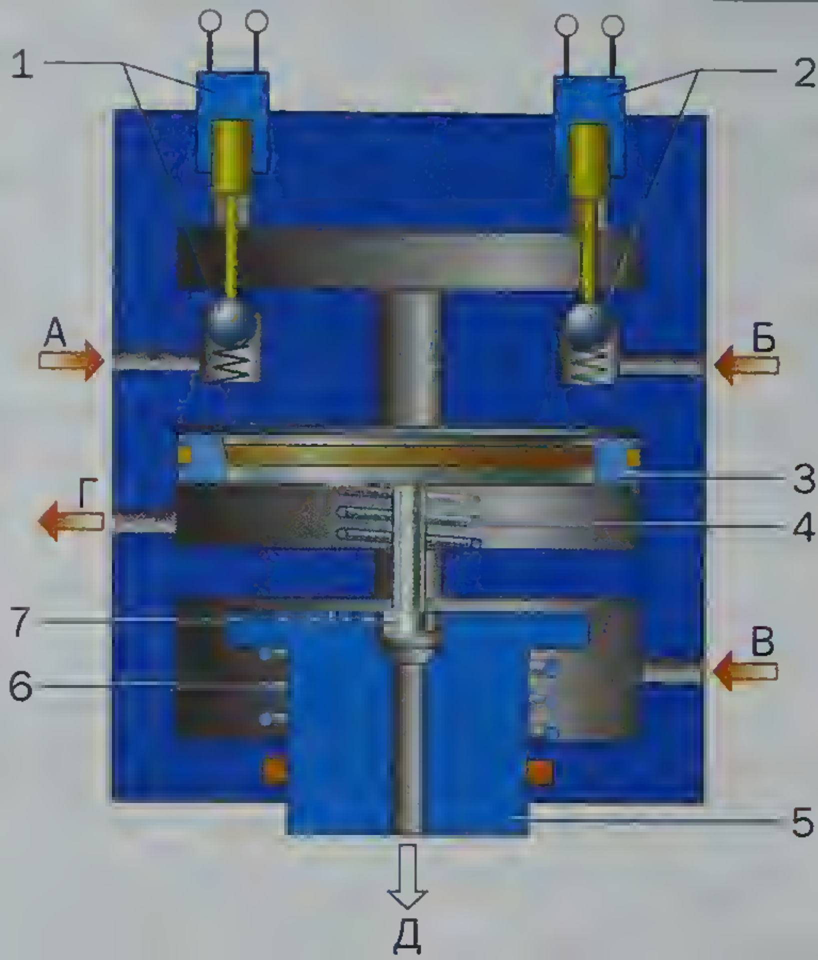
б

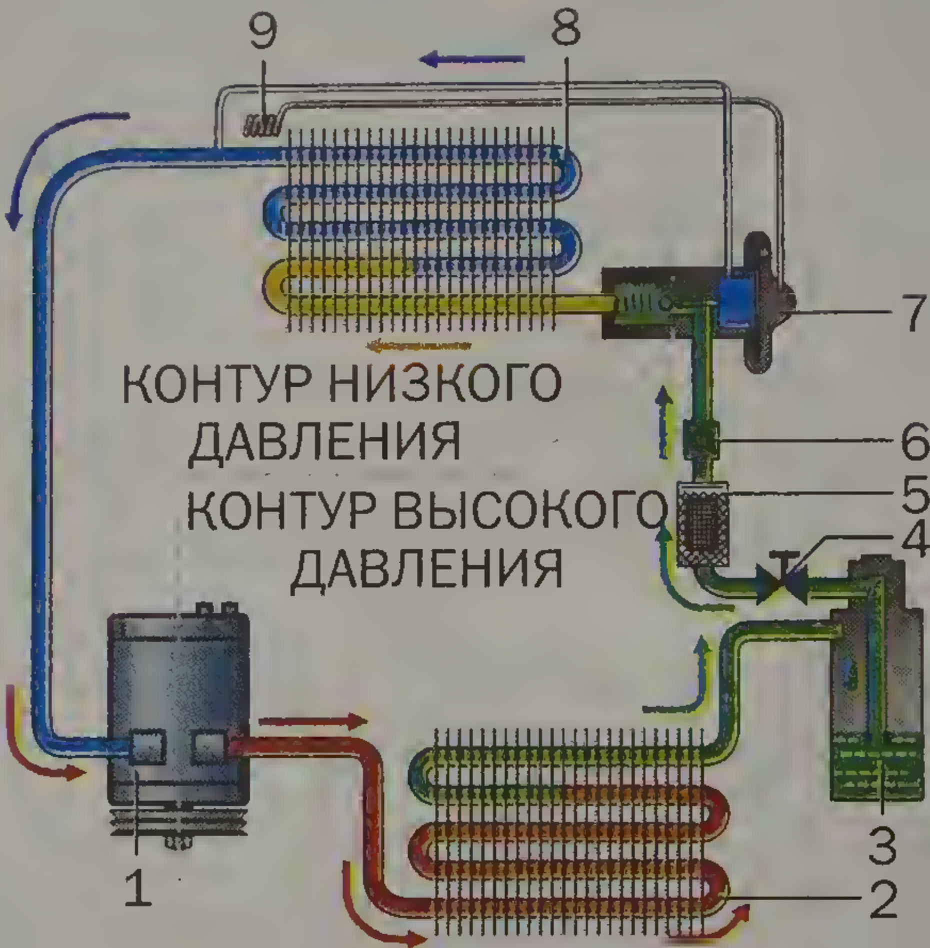



6
3
4
5
1
2


1
2
3
4




1
2
А
Б
3
Г
4
7
В
6
5
Д


9
8
7
6
5
4
3
2
1
КОНТУР НИЗКОГО
ДАВЛЕНИЯ
КОНТУР ВЫСОКОГО
ДАВЛЕНИЯ



Электромагнитная муфта
1
2
3
4
4
6
5
6

Издательство За рулем

Основы конструкции автомобиля



УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

ОК 005-93, т. 2; 953750
УДК 629.113.001(075)
ББК 39.33
И20

Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальностям: **«Автомобиле- и тракторостроение», «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)», «Организация перевозок и управление на транспорте (Автомобильный транспорт)»** и **«Организация и безопасность движения (Автомобильный транспорт)».**

Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др.
И20 Основы конструкции автомобиля. — М. ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. — 336 с.: ил.
ISBN 5-9698-0003-1

Книга является учебным пособием для студентов технических специальностей автомобильных вузов при изучении курса «Основы конструкции автомобиля», может быть использована для курса «Техника транспорта» при подготовке экономистов и менеджеров автомобильного профиля в вузах и в системе среднего профессионального образования, а также может быть полезна всем, кто интересуется конструкцией современных автомобилей.

УДК 629.113.001(075)
ББК 39.33

ISBN 5-9698-0003-1

Предисловие

На современном рынке автомобилей мы видим огромное количество моделей, которые отличаются назначением, техническими характеристиками, ценой и т. д. Одна из причин этого многообразия — жесткая конкуренция между фирмами-изготовителями автомобилей. Для привлечения потенциальных покупателей производители автомобилей стремятся предложить продукцию, максимально удовлетворяющую запросы отдельных групп потребителей, а также сократить время разработки новых моделей, в конструкцию которых заложены наиболее передовые технические решения. При этом совершенствование современных автомобилей происходит по общим законам, определяемым экономическими, экологическими и социальными причинами.

Авторы книги, сотрудники кафедры автомобилей Московского автомобильно-дорожного института (Государственного технического университета — МАДИ-ГТУ), провели анализ конструкций современных автомобилей. Дана их классификация, сформулированы требования к автомобилям и их узлам, на примере конкретных образцов рассмотрены преимущества и недостатки наиболее популярных технических решений.

Книга содержит краткую историю постоянно совершенствующейся конструкции автомобиля и пути ее дальнейшего развития.

Книга является учебным пособием для студентов технических специальностей автомобильных вузов при изучении курса «Основы конструкции автомобиля» — начального этапа профессиональной подготовки. Может использоваться для курса «Техника транспорта» в рамках обучения экономистов и менеджеров автомобильного профиля в вузах, а также в системе среднего профессионального образования.

Вместе с тем, популярная форма изложения материала позволяет надеяться, что книга может быть полезна всем, кто интересуется конструкциями современных автомобилей.

Зав. кафедрой автомобилей МАДИ (ГТУ)
д. т. н., проф. А. М. Иванов

Оглавление

ГЛАВА 1

Общие сведения об автомобиле

Человечество во все времена искало возможности для перемещения на большие расстояния, затрачивая на это минимальное время. Первоначально для этого использовались животные, позже стали создаваться механические средства для перевозки людей и грузов по земле, воде и воздуху. В нашу эпоху наиболее массовым наземным транспортным средством является автомобиль.

§ 1

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ

Автомобиль — наземное безрельсовое механическое транспортное средство, приводимое в действие собственным двигателем и имеющее не менее четырех колес. В ряде случаев к автомобилям относят и трехколесные транспортные средства, если их собственная масса превышает 400 кг.

Запас источника энергии для работы двигателя может находиться непосредственно на автомобиле (топливо в баках, электрическая энергия тяговых аккумуляторных батарей) либо подводиться от стационарных устройств (контактная сеть троллейбуса).

Попытки создания безлошадных «самобеглых» экипажей предпринимались начиная с XVII в. На рис. 1.1 изображена трехколесная повозка с паровым двигателем, созданная военным инженером Николя Кюньо во Франции в 1769 г. Паровая машина, развивавшая мощность около 2 л. с., располагалась на переднем колесе и поворачивалась вместе с ним. Повозка могла перевозить до 3 т груза со скоростью 2–4 км/ч. При движении требовались частые остановки для поддержания огня в топке, чтобы постоянно обеспечивать необходимое давление пара. В те годы экипажи с паровым двигателем не могли конкурировать с гужевыми повозками и поэтому не получили широкого применения.



Рис. 1.1. **Экипаж Николя Кюньо с паровым двигателем**

Ситуация принципиально изменилась после создания двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В 1859–1860 гг. французский механик Этьен Ленуар построил поршневой двигатель, который работал за счет сжигания в цилиндре светильного газа. Правда,



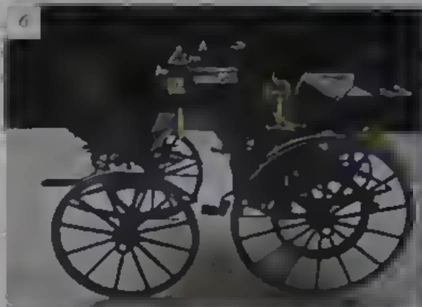


Рис. 1.2. **Первые автомобили: а — Карла Бенца; б — Готлиба Даймлера**

конструкция такого двигателя была ближе к паровой машине, чем к известному нам двигателю внутреннего сгорания. Более удачную конструкцию двигателя создал в 1876 г. в Германии Николаус-Август Отто. Поршневой газовый двигатель Отто работал по четырехтактному циклу (один рабочий ход поршня и три подготовительных), смесь газа с воздухом сжималась в цилиндре перед воспламенением запальной свечой.

Реально применить двигатель внутреннего сгорания на колесном экипаже удалось лишь после перевода его с газового топлива на жидкое нефтяное (бензин). Заслуга в создании такого двигателя принадлежит Готлибу Даймлеру. В 1885–1886 гг. немецкие инженеры Г. Даймлер и К. Бенц независимо друг от друга запатентовали коляски с двигателем внутреннего сгорания, которые и принято считать первыми в мире автомобилями (рис. 1.2). Двигатель Даймлера имел частоту вращения в 4–5 раз выше, чем у газовых двигателей того времени, что при равной мощности позволило существенно снизить габариты и массу двигателя.

Начало истории российского автомобилестроения положил автомобиль, построенный петербуржскими промышленниками Е. А. Яковлевым и П. А. Фрезе в 1896 г. (рис. 1.3). Экипаж имел одноцилиндровый четырехтактный двигатель и мог развивать скорость свыше 20 км/ч. Двигатель имел ряд технических новшеств: электрическое зажигание, съемную головку цилиндра, смазку деталей под давлением.

Справедливости ради надо отметить, что в конце XIX — начале XX в. с бензиновыми автомобилями успешно конкурировали автомобили с электрическим и паровым приводом: было создано и выпускалось достаточно большое их количество. Но преимущества ДВС привели к тому, что постепенно (после 1910 г.) выпуск электро- и паромобилей сократился до минимума.

Паровые легковые автомобили фирмы Стенли, Уайт и Добл в США производились до середины 30-х годов. В Англии паровые грузовики Фоден и Сентикел выпускались и в 50-е годы. В целом причиной прекращения их производства стала даже не столько низкая экономичность, сколько эксплуатационные неудобства: долгий разогрев котла, сложность контроля за силовой установкой, замерзание воды зимой.

Конец XIX — начало XX в. характеризуются началом промышленного производства автомобилей во многих странах мира. В России среди других производителей наиболее крупным в тот период являлся авто-



Рис. 1.3. **Первый российский автомобиль, построенный Е. А. Яковлевым и П. А. Фрезе**

мобильный отдел Русско-Балтийского вагонного завода в Риге. В общей сложности предприятие с 1909 по 1915 г. выпустило более 800 автомобилей марки «Руссо-Балт» различных моделей (рис. 1.4).



Рис. 1.4. **Руссо-Балт К-12/20**

Конструкция большинства автомобилей, выпускаемых в этот период, имела общие технические решения:

— четырехколесный (двухосный) экипаж, передние колеса управляемые, — задние, ведущие колеса были оснащены пневматическими шинами;
— несущим элементом автомобиля являлась рама, в передней части которой продольно был установлен многоцилиндровый двигатель внутреннего сгорания;
— трансмиссия состояла из фрикционного сцепления, одного или нескольких зубчатых редукторов (также применялись цепные или ременные передачи);
— рулевое управление включало в себя рулевое колесо, которое через редуктор было связано с передними поворотными колесами. Шкворни правого и левого управляемых колес соединялись шарнирной рулевой трапецией.

Многие принципиальные решения, заложенные в конструкцию автомобиля в те годы, успешно применяются и в настоящее время.

Сдерживало развитие автомобилизации в указанный период то, что выпускаемые автомобили имели высокую цену при низкой надежности. Они приобретались либо состоятельными людьми, либо для оснащения армии.

Началом массового выпуска автомобилей можно считать создание американским предпринимателем Генри Фордом удачной конструкции автомобиля «Ford-T» (рис. 1.5) и применение для его сборки с 1913 г. специализированного конвейера, что позволило резко увеличить объемы выпуска и, как следствие, снизить себестоимость автомобиля. За 19 лет было выпущено свыше 15 млн этих автомобилей. Автомобиль стал доступен гражданам со средним достатком. Можно сказать, что именно тогда автомобиль из экзотической игрушки превратился в массовое транспортное средство.

Важной вехой в истории автомобилестроения является начало применения на автомобилях двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия. Данный тип двигателя был запатентован немецким инженером Рудольфом Дизелем в 1892 г., но на автомобилях (в первую очередь грузовых) дизель начал серийно устанавливаться в 20-е годы XX в. (рис. 1.6).



Рис. 1.5. **Первый массовый автомобиль Ford-T (США)**



Рис. 1.6. **Грузовой автомобиль с дизельным двигателем MAN 3Zc, 1924 г.**

Период с конца 20-х годов до начала Второй мировой войны характеризовался совершенствованием отдельных систем автомобиля, увеличением мощности двигателей и скоростей движения. Фирмы-изготовители экспериментируют с местом расположения двигателя, с устройством подвески и трансмиссии. По заказу армии создаются многоосные автомобили в том числе повышенной проходимости. Конструкции автомобилей различного назначения начинают существенно отличаться друг от друга.

После Второй мировой войны (в 50 — 60-е гг.) произошло резкое увеличение объемов выпуска автомобилей.

Революционным решением того времени было массовое применение в конструкции легковых автомобилей и автобусов несущих (безрамных) кузовов. Это позволило облегчить автомобиль, экспериментировать с формой кузова, расположить двигатель поперек автомобиля, сделать ведущими передние колеса и т. д.

Но резкое увеличение количества автомобилей привело и к негативным последствиям: повысилось число погибших и раненых на дорогах, загрязнилась окружающая среда, стала ощущаться нехватка углеводородного топлива.

Для уменьшения тяжести последствий массовой автомобилизации фирмы-изготовители под давлением общества и государства стали вносить в конструкцию существенные изменения. Можно проследить три этапа совершенствования конструкции автомобилей:

1. Повышение конструктивной безопасности (с начала 60-х годов).

   В этот период на автомобиле стали применяться ремни и подушки безопасности, безопасные стекла, двухконтурные тормозные системы, ударопоглощающие бамперы и т. д.

2. Уменьшение расхода топлива (после нефтяных кризисов 70-х годов).

   В это время началась борьба за снижение собственной массы автомобиля, придание ему аэродинамических форм. Совершенствуется конструкция двигателей, шин, исследуется вопрос применения альтернативных (не нефтяного происхождения) видов автомобильного топлива.

3. Уменьшение негативного влияния на окружающую среду (с середины 80-х годов).

   Совершенствуется рабочий процесс двигателя, применяются различные фильтры и нейтрализаторы отработавших газов, уменьшающие объем вредных выбросов автомобиля. За счет различных конструктивных решений автомобиль становится менее шумным. Возникает вопрос о приспособленности конструкции автомобиля к переработке (утилизации) после прекращения эксплуатации. Исследуются экологически чистые типы силовых агрегатов.

Организация массового производства автомобилей в нашей стране приходится на период 1932—1941 гг. и связана со строительством Нижегородского автомобильного завода (ныне ГАЗ) и реконструкцией московского завода АМО (ныне АМО ЗИЛ). ГАЗ выпускал грузовые автомобили ГАЗ-АА и легковые ГАЗ-А (рис. 1.7), московский завод — грузовые ЗИС-5 (рис. 1.8).



Рис. 1.7. **Легковой автомобиль ГАЗ-А, 1932 г.**



Рис. 1.8. **Автомобиль ЗИС-5, 1933 г.**









Рис. 1.9. **Отечественные легковые автомобили 50–60-х гг.: а — ГАЗ-М20 «Победа», 1954 г.; б — ЗАЗ-965, 1965 г.; в — ГАЗ-21Р «Волга», 1965 г.; г — Москвич-407, 1959 г.**

В годы Великой Отечественной войны и после ее окончания были введены в строй новые заводы в городах Ульяновске (УАЗ), Минске (МАЗ), Запорожье (ЗАЗ), Кременчуге (КрАЗ), Миассе (УралАЗ) и т. д. Развернут массовый выпуск легковых автомобилей на Московском заводе малолитражных автомобилей МЗМА (впоследствии «Москвич»). Некоторые модели легковых автомобилей этого периода изображены на рис. 1.9.

Резкое увеличение объема выпуска отечественных автомобилей связано с введением в строй в 1970 г. Волжского автомобильного завода (ВАЗ, г. Тольятти) и чуть позже Камского объединения по производству большегрузных автомобилей (КамАЗ, г. Набережные Челны).

§ 2

АВТОМОБИЛЬ И СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ. ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОГРАИИЧЕИИЯ

Современное общество невозможно представить без автомобиля. В мире (на 2004 г.) ежегодно производится:

— свыше 42 млн легковых автомобилей;
— около 5 млн легких развозных автофургонов;
— около 1.5 млн грузовых автомобилей, из них 780 тыс. тяжелых грузовиков;
— свыше 240 тыс. автобусов.

Многомиллионный автомобильный рынок характеризуется значительным количеством производителей автомобилей, многообразием конструкций, созданных для использования в различных сферах деятельности человека: перевозка грузов и пассажиров, активное проведение досуга. Автомобиль может быть предметом массового потребления, средством для занятия спортом, носителем различных видов вооружения и т. д. На первый взгляд, многообразие сфер применения и задач, которые должны решаться с помощью автомобиля, приводит к хаотичному развитию автомобильных конструкций. В действительности автомобильный мир живет по достаточно жестким правилам, и, чтобы понять эти правила, надо сначала разобраться, какие требования предъявляются к конструкции автомобиля и кто эти требования выдвигает.

Требования к конструкции современного автомобиля выдвигаются со стороны общества, владельца и изготовителя автомобиля.

Общество обеспокоено тем, чтобы автомобиль не представлял повышенной опасности для людей, не загрязнял чрезмерно окружающую среду.

Владелец автомобиля желает, чтобы он сам, его пассажиры или груз были быстро, безопасно и с наименьшими затратами доставлены к пункту назначения. При этом современный автомобиль во многих случаях рассматривается владельцем не только как транспортное средство, но и как материальный предмет, который должен доставлять ему эстетическое удовольствие своим внешним видом, обеспечивать комфорт при использовании, подчеркивать уровень его благосостояния и т. п.

Производитель автомобиля, учитывая требования общества, стремится приспособить конструкцию автомобиля к желаниям будущего владельца и снизить себестоимость его производства.

На этапе производства изготовитель также предъявляет требования соответствия разработанной конструкции технологическим возможностям заводов, патентной чистоты изделия и проч., позволяющие обеспечивать в конечном итоге конкурентоспособность выпускаемых автомобилей.

Кроме того, требования к конструкции существенно зависят от условий эксплуатации, т. е. на каких дорогах, в каких климатических зонах будет эксплуатироваться автомобиль, каких пассажиров или какие грузы предполагается перевозить.

Сравнение весомости требований, выдвигаемых обществом, владельцем, изготовителем показывает, что требования первой стороны обязательны для выполнения и отражены в государственных нормативных актах (законодательные ограничения). Прочие требования к конструкции автомобиля диктует будущий владелец, покупая тот автомобиль, который удовлетворяет его требованиям в наибольшей степени. Требования изготовителя к конструкции являются вторичными, т. е. направлены на удовлетворение требований как можно большего числа будущих владельцев.

Автомобиль, в наибольшей степени удовлетворяющий требованиям владельца, общества и изготовителя, считается наиболее эффективным и качественным. Качество автомобиля определяется совокупностью его свойств, определяющих способность удовлетворять заданным требованиям в определенных условиях эксплуатации.

Попробуем разобраться в том, какие свойства автомобиля определяют его качество.

Все свойства автомобиля можно разбить на три группы: функциональные, потребительские и свойства общественной безопасности.

Функциональные свойства определяют способность автомобиля эффективно выполнять свою основную функцию — перевозку людей, грузов, оборудования, т. е. характеризуют автомобиль как транспортное средство. К этой группе свойств, в частности, относятся:

— тягово-скоростные свойства — способность двигаться с высокой средней скоростью, интенсивно разгоняться, преодолевать подъемы;

— управляемость и устойчивость — способность автомобиля изменять (управляемость) или поддерживать постоянными (устойчивость) параметры движения (скорость, ускорение, замедление, направление движения) в соответствии с действиями водителя;
— топливная экономичность — путевой расход топлива в заданных условиях эксплуатации;
— маневренность — способность движения на ограниченных площадях (например, на узких улицах, во дворах, паркингах);
— проходимость — возможность движения в тяжелых дорожных условиях (снег, распутица, преодоление водных преград и т. п.) и по бездорожью;
— плавность хода — способность движения по неровным дорогам при допустимом уровне вибровоздействия на водителя, пассажиров и на сам автомобиль;
— надежность — безотказная эксплуатация, длительный срок службы, приспособленность к проведению технического обслуживания и ремонта автомобиля.

Комплекс потребительских свойств характеризуется способностью удовлетворять требования владельца автомобиля (водителя, пассажира), не связанные непосредственно с эффективностью выполнения транспортного процесса. В этом случае автомобиль рассматривается не как транспортное средство, а как личная собственность владельца, часть его образа жизни. Перечень потребительских свойств автомобиля каждым человеком определяется индивидуально. К потребительским свойствам можно отнести:
— уровень комфорта при использовании — сложное свойство, определяемое удобством посадки, входа-выхода, наличием систем регулирования температуры (отопитель, кондиционер, климат-контроль), качеством аудиосистемы, наличием сервоприводов (электроподъемники стекол, дистанционное закрывание дверей и т. п.), качеством материалов обивки салона и т. д.;
— приспособленность к перевозке громоздких или длинномерных вещей (например, лыж);
— наличие устройств связи с внешним миром (встроенный телефон, телевизор, навигационная система);
— привлекательность внешнего вида автомобиля;
— престижность и соответствие моде.

Свойства общественной безопасности, как правило, жестко регламентируются государством в законодательном порядке (законодательные ограничения) и контролируются перед началом выпуска модели и в течение срока службы при периодических проверках технического состояния автомобиля в процесс эксплуатации.

Свойства безопасности подразделяются на три подгруппы:

безопасность активная, пассивная и экологическая .

Свойства активной безопасности характеризуют способность снижать вероятность вовлечения автомобиля в дорожно-транспортные происшествия и включают в себя:
— тормозные свойства — способность автомобиля быстро снижать скорость и надежно удерживаться на месте;
— управляемость и устойчивость в аварийных режимах — способность автомобиля к совершению резких маневров в критических ситуациях (объезд препятствия, крутой поворот);
— обзорность с места водителя — возможность водителя получить визуальную информацию об окружающей обстановке связана с конструкцией стекол, зеркал заднего вида и т. п.;
— внешнюю информативность автомобиля — количество, цвет, место расположения внешних световых приборов (фар, указателей поворота, сигналов торможения и т. п.);
— уровень шума на рабочем месте водителя — степень снижения работоспособности водителя при длительном воздействии шума.

Свойства пассивной безопасности определяют способность снижать тяжесть последствий уже совершившихся дорожно-транспортных происшествий и включают в себя:

свойства, снижающие уровень травматизма водителя и пассажиров при аварии, связаны с энергопоглощающими свойствами кузова, наличием защитных устройств (ремней, надувных подушек безопасности, демпфирующих элементов внутри кузова, подголовников), конструкцией стекол, рулевой колонки, внутренней отделки салона;

— свойства, снижающие уровень травматизма пешеходов, определяются, например, отсутствием травмоопасных наружных выступов автомобиля;
— пожаробезопасность определяется конструкцией топливной системы, местом расположения топливного бака, наличием средств пожаротушения и т. п.

Свойства экологической безопасности характеризуют степень воздействия автомобиля на окружающую среду и включают в себя:

— уровень вредных элементов в отработавших газах автомобильных двигателей — степень загрязнения воздушной среды токсичными веществами, в первую очередь оксидом углерода, окислами азота, углеводородом, сажей;
— уровень внешнего шума — уровень вредного воздействия на людей, находящихся вблизи оживленных автомагистралей;
— степень использования экологически безвредных материалов в конструкции автомобиля, например безасбестовых тормозных колодок;
— приспособленность к утилизации — приспособленность автомобиля, его узлов и агрегатов к повторной переработке после выхода из строя.

В настоящее время новые автомобили, выпускающиеся в России или ввозимые на ее территорию, проверяются на соответствие европейским нормам безопасности, изложенным в многочисленных Правилах Европейской экономической комиссии ООН (Правилах ЕЭК ООН). Процедура подтверждения соответствия требованиям Правил называется сертификацией автомобиля, и при положительных ее результатах конкретная модель или все семейство автомобилей получают документ-одобрение типа транспортного средства.

В эксплуатации требования безопасности автомобиля контролируются при периодических государственных технических осмотрах.

Существует еще один вид законодательных ограничений, направленный на предотвращение чрезмерного износа автомобильных дорог и связанный с контролем за автомобилями, размеры которых не соответствуют геометрическим размерам элементов автомобильных дорог. Это предельные значения габаритных, весовых параметров тяжелых грузовых автомобилей, автопоездов, автобусов и максимально допустимые вертикальные нагрузки от отдельных осей на дорожное покрытие (осевые нагрузки). Указанные предельные значения устанавливаются государством в зависимости от конструкции автомобиля и дорожных условий. При их превышении движение по дорогам допускается при соблюдении специальных требований и каждая такая перевозка облагается дополнительным дорожным налогом для компенсации повышенного износа дорожного покрытия.

Пример весовых и габаритных ограничений в РФ для пятиосного седельного автопоезда (двухосный тягач и трехосный полуприцеп) при движении по магистральным дорогам приведен на рис. 1.10.

Все перечисленные выше свойства можно оценивать, если определены условия эксплуатации.

Условия эксплуатации автомобиля подразделяются на:

— дорожные условия эксплуатации, определяющиеся характеристиками автомобильной дороги (подъемы, спуски, повороты, тип дорожного покрытия, ширина проезжей части и т. п.), интенсивностью движения транспортного потока, значением законодательного ограничения скорости;



Рис. 1.10. **Весовые и габаритные ограничения в РФ для пятиосного седельного автопоезда:** габаритная ширина до 2,55 м (рефрижераторы до 2,60 м); полная масса до 38 т; высота до 4 м; длина до 20 м

— природно-климатические свойства эксплуатации, определяющиеся температурой, влажностью, давлением окружающего воздуха, интенсивностью осадков, сезонным изменением состояния дорожного покрытия;
— транспортные условия эксплуатации, определяющиеся дальностью перевозок и расстояниями между остановочными пунктами, видом и характеристиками груза, количеством пассажиров и т. д.;
— экономические условия эксплуатации, определяющиеся уровнем цен, тарифов, налогов в том или ином государстве;
— социальные условия эксплуатации, определяющиеся представлениями потребителей автомобиля о моде, престижности и т. д.

Набор свойств, определяющих качество автомобиля, их весомость по отношению друг к другу, будут зависеть от представлений каждого конкретного человека, от политики государства в данный период, условий предполагаемой эксплуатации. Учитывая, что сочетание этих факторов дает огромное количество вариантов, становится понятным то многообразие конструкций автомобилей, представленных на рынке, каждая из которых обеспечивает наилучшие свойства для конкретных потребителей и условий эксплуатации.

§ 3

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ

Несмотря на огромное многообразие типов и моделей современных автомобилей, конструкция каждого из них состоит из набора агрегатов, узлов и механизмов, наличие которых позволяет называть транспортное средство «автомобилем». К основным конструктивным блокам относятся:

— двигатель;
— движитель;
— трансмиссия;
— системы управления автомобилем;
— несущая система;
— подвеска несущей системы;
— кузов (кабина).

Двигатель является источником механической энергии, необходимой для движения автомобиля. Механическая энергия получается за счет преобразования в двигателе другого вида энергии (энергии сгорающего топлива, электроэнергии, энергии предварительно сжатого воздуха и т. п.). Источник немеханической энергии, как правило, находится непосредственно на автомобиле и время от времени пополняется.

В зависимости от вида использованной энергии и процесса ее преобразования в механическую на автомобиле могут применяться:

— двигатели, использующие энергию сгорающего топлива (поршневой двигатель внутреннего сгорания, газовая турбина, паровой двигатель, роторно-поршневой двигатель Ванкеля, двигатель внешнего сгорания Стирлинга и т. п.);
— двигатели, использующие электроэнергию, — электродвигатели;
— двигатели, использующие энергию предварительно сжатого воздуха;
— двигатели, использующие энергию предварительно раскрученного маховика, — маховичные двигатели.

Наибольшее распространение на современных автомобилях получили поршневые двигатели внутреннего сгорания, использующие в качестве источника энергии жидкое топливо нефтяного происхождения (бензин, дизельное топливо) или горючий газ.

К системе «двигатель» относят также подсистемы хранения и подачи топлива и удаления продуктов сгорания (системы выпуска).

Движитель автомобиля обеспечивает связь автомобиля с внешней средой, позволяет ему «отталкиваться» от опорной поверхности (дороги) и преобразует энергию двигателя в энергию поступательного движения автомобиля. Основной тип движителя автомобиля — колесо. Иногда в автомобилях применяются комбинированные движители: для автомобилей высокой проходимости колесно-гусеничные движители (рис. 1.11), для автомобилей–амфибий колесный (при движении по дороге) и водометный (на плаву) движители.



Рис. 1.11. **Автомобиль ГАЗ-42 с колесно-гусеничным движителем**

Трансмиссия (силовая передача) автомобиля передает энергию от двигателя к движителю и преобразует ее в удобную для использования в движителе форму. Трансмиссии могут быть:

— механические (передается механическая энергия);

— электрические (механическая энергия двигателя преобразуется в электрическую, передается к движителю по проводам и там снова преобразуется в механическую);
— гидрообъемная (вращение коленчатого вала двигателя преобразуется насосом в энергию потока жидкости, передающейся по трубопроводам к колесу, и там, посредством гидромотора, снова преобразуется во вращение);
— комбинированные (электромеханические, гидромеханические).

Наибольшее распространение на современных автомобилях получили механическая и гидромеханическая трансмиссии. Механическая трансмиссия (рис. 1.12) состоит из фрикционной муфты (сцепления), преобразователя крутящего момента, главной передачи, дифференциала, карданных передач, полуосей.

Сцепление — муфта, дающая возможность кратковременно разъединить и плавно соединить двигатель и связанные с ним механизмы трансмиссии.

Преобразователем крутящего момента является механизм, позволяющий ступенчато или бесступенчато изменять крутящий момент двигателя и направление вращения валов трансмиссии (для движения задним ходом). При ступенчатом изменении момента данный механизм называется **коробкой передач**, при бесступенчатом — **вариатором**.

Главная передача — зубчатый редуктор с коническими и (или) цилиндрическими шестернями, повышающий крутящий момент, передаваемый от двигателя н колесам.

Дифферекциал — механизм, распределяющий крутящий момент между ведущими колесами и позволяющий вращаться им с разными угловыми скоростями (при движении на поворотах или по неровной дороге).

Карданные передачи представляют собой валы с шарнирами, связывающие между собой агрегаты трансмиссии и колес. Они позволяют передавать крутящий момент между указанными механизмами, валы которых расположены не соосно и (или) изменяют при движении взаимное расположение друг относительно друга. Количество карданных передач зависит от конструкции трансмиссии.

Гидромеханическая трансмиссия отличается от механической тем, что вместо сцепления устанавливается гидродинамическое устройство (**гидромуфта или гидротрансформатор**), выполняющее как функции сцепления, так и функции бесступенчатого вариатора. Как правило, это устройство размещается в одном корпусе с механической коробкой передач.

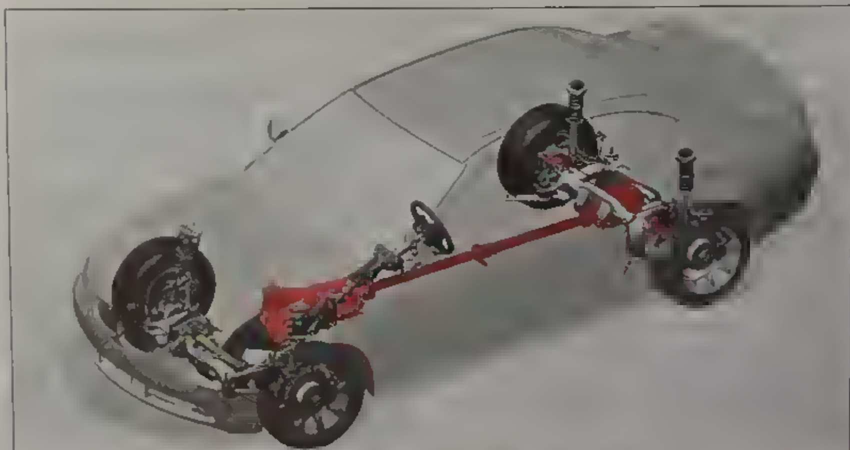


Рис. 1.12. **Механическая трансмиссия классического автомобиля**

Электрические трансмиссии применяются сравнительно редко (например, на тяжелых карьерных самосвалах, на внедорожных автомобилях) и включают в себя: генератор на двигателе, провода и систему электроуправления, электромоторы на колесах (электрические мотор-колеса).

При жестком соединении двигателя, сцепления и коробки передач (вариатора) данная конструкция называется **силовым агрегатом**.

В ряде случаев на автомобиле могут быть установлены несколько двигателей различных типов (например, двигатель внутреннего сгорания и электродвигатель), связанных друг с другом трансмиссией. Такая конструкция называется **гибридной силовой установкой**.

Системы управления автомобилем включают в себя:

- рулевое управление;
- тормозную систему;
- управление прочими системами автомобиля (двигателем, трансмиссией, температурой в кабине и т. д.).

Рулевое управление служит для изменения направления движения автомобиля, как правило, за счет поворота управляемых колес.

Тормозная система служит для уменьшения скорости движения автомобиля вплоть до полной остановки и надежного удержания его на месте.

Несущая система автомобиля служит для крепления на ней всех прочих узлов, агрегатов и систем автомобиля. Она может выполняться в виде плоской рамы (рис. 1.13) или объемного несущего кузова (рис. 1.14).

Подвеска несущей системы обеспечивает упругую связь колес с несущей системой и обеспечивает плавность хода автомобиля при движении по неровной дороге, уменьшает вертикальные динамические нагрузки, передаваемые на автомобиль от дороги.

Кузов (кабина) служит для размещения водителя, пассажиров, груза или специального оборудования, транспортируемого автомобилем. Как было отмечено выше, в ряде случаев кузов совмещает функции несущей системы (несущий кузов). К системе автомобиля «кузов» принято относить также многие узлы, агрегаты, подсистемы, не попавшие в другие системы автомобиля (внешние световые приборы, климатические установки в салоне, ряд устройств безопасности для водителя и пассажиров и т. д.).

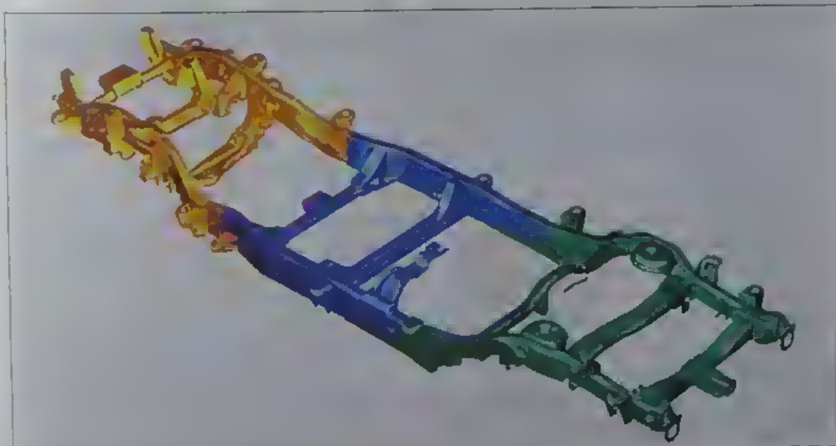


Рис. 1.13. **Несущая система в виде лонжеронной рамы**

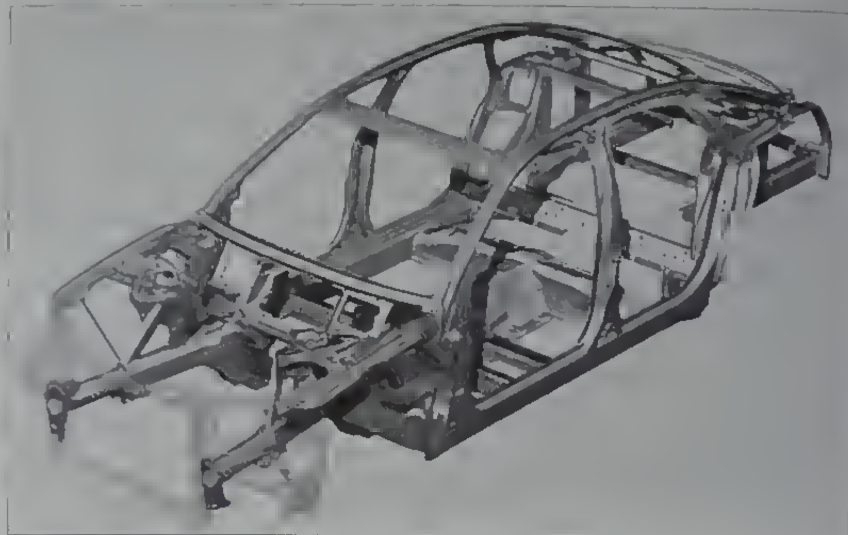


Рис. 1.14. **Несущий кузов легкового автомобиля**

ТИПЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Огромное количество моделей и конструкций современных автомобилей может быть подразделено на определенные типы (или классы). Наиболее общая классификация транспортных средств (ТС) связана с их назначением. Данная классификация приведена в Международном стандарте ИСО 3833.

Весь парк дорожных ТС подразделяется на механические ТС (ТС с двигателем) и буксируемые ТС (прицепы и полуприцепы). Механическое ТС, буксирующее прицеп или полуприцеп, называется автопоездом. По назначению ТС подразделяются на :

- легковые автомобили (рис. 1.15а) — механические ТС, предназначенные, главным образом, для перевозки людей и их багажа, в которых размещается не более девяти посадочных мест, включая место водителя;
- грузовые автомобили (рис. 1.15б) — механические ТС, предназначенные, главным образом, для перевозки грузов или специального оборудования;
- автобусы и троллейбусы (рис. 1.15в) — механические ТС, предназначенные для перевозки людей и их багажа, в которых размещается более девяти посадочных мест, включая место водителя;
- мототранспортные средства (рис. 1.15г) — механические ТС, имеющие два, три, иногда четыре колеса (квадрициклы), снаряженная масса которых не превышает 400 кг и предназначенные для перевозки людей (особенности конструкций мототранспортных средств в данной книге не рассматриваются);
- прицепы (рис. 1.15д) — буксируемые тягачом ТС, предназначенные для перевозки грузов или пассажиров, в которых лишь незначительная часть их веса нагружает буксирующий автомобиль;
- полуприцепы (1.15е) — буксируемые тягачом ТС, предназначенные для перевозки грузов или пассажиров, в которых значительная часть их веса нагружает буксирующий автомобиль. В качестве буксирующего автомобиля в данном случае применяется специальный автомобиль, предназначенный исключительно для буксировки полуприцепа — седельный тягач.













Рис. 1.15. **Типы дорожных транспортных средств**: а — легковой автомобиль; б — грузовой автомобиль; в — автобус; г — мотоцикл; д — прицеп; е — полуприцеп

Для каждого из приведенных крупных типов транспортных средств имеется более подробная классификация по различным признакам.

Так, легковые автомобили могут подразделяться по назначению (индивидуального пользования, такси, оперативных служб, спортивные и т. д.); по рабочему объему двигателя (табл. 1.1); по габаритным размерам (табл. 1.2); по типу кузова (см. гл. 7).

Таблица 1.1. Российская классификация легковых автомобилей по рабочему объему двигателя

Рабочий объем двигателя, л	Обозначение моделей
до 1,2	11хх
от 1,2 до 1,8	21хх
от 1,8 до 3,5	31хх
свыше 3,5	41хх

Таблица 1.2. Европейская классификация легковых автомобилей по размерам

Классы	A	B	C
Внешние размеры, мм			
Длина	до 3650	3600–3800	3800–4400
База	2150–2450	2350–2500	2400–2700
Ширина	1450–1600	1550–1650	1670–1740
Высота	1350–1480	1350–1480	1330–1440
Примеры автомобилей	FIAT Uno	Peugeot 206	VW Golf 4







Рис. 1.16. **Грузовые автомобили: а — универсальные; б — специализированные; в — специальные**

Автобусы подразделяются по полной массе (до или свыше 5 т), по количеству мест для сидения (до 17 мест, включая водителя, — маломестные автобусы); по назначению (городские, пригородные, междугородние). Отдельную группу образуют троллейбусы — пассажирские ТС, приводимые в движение электроэнергией, поступающей по проводам.

Грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы по назначению могут быть универсальными (обычно в качестве грузового кузова используется открытая бортовая платформа, иногда со съемным тентом), специализированными (кузов приспособлен для перевозки определенных видов грузов или имеются устройства самопогрузки-саморазгрузки), специальными (перевозится специальное технологическое оборудование) (рис. 1.16). Имеется класс грузовых автомобилей, предназначенных исключительно для буксировки прицепного состава: седельные тягачи для полуприцепов, балластные тягачи для тяжелых прицепов.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК

С позиций влияния конструкции транспортного средства на его свойства важное значение имеет компоновка автомобиля — взаимное расположение основных систем автомобиля (двигателя, трансмиссии, движителя, систем управления, несущей системы, кузова).

Для легковых автомобилей в большинстве случаев применяется кузов, выполняющий функции несущей системы (несущий кузов), что уменьшает массу и обеспечивает достаточную свободу для расположения прочих систем автомобиля. Встречаются следующие компоновки легковых автомобилей:

D	E	F	Minivan
4300–4700	4300–4700	4700–5100	4500–4800
2500–2700	2500–2700	2700–3000	2700–3000
1670–1770	1670–1770	1800–1900	1750–1900
1360–1430	1360–1430	1400–1500	1650–1800
Nissan Primera	BMW серии 5	Mercedes S	VW Sharan

— классическая (рис. 1.17а) — двигатель продольно расположен спереди, ведущие колеса задние, трансмиссия занимает пространство под полом кузова между двигателем и задней осью (компоновка позволяет использовать в качестве несущей системы раму);
— переднеприводная (рис. 1.17б) — двигатель размещен спереди продольно или поперечно, ведущие колеса передние, трансмиссия объединена с двигателем;
— заднемоторная (1.17в) — двигатель расположен сзади, ведущие колеса задние, трансмиссия объединена с двигателем;
— среднемоторная (1.17д) — двигатель расположен между передней и задней осями, ведущие колеса задние, трансмиссия объединена с двигателем.

Преимущества и недостатки различных компоновок приведены в табл. 1.3.

Каждая из представленных компоновок может иметь полноприводной вариант, при котором ведущими являются все колеса. Это делается с целью повышения проходимости, а также и управляемости автомобиля, но связано с усложнением конструкции трансмиссии.

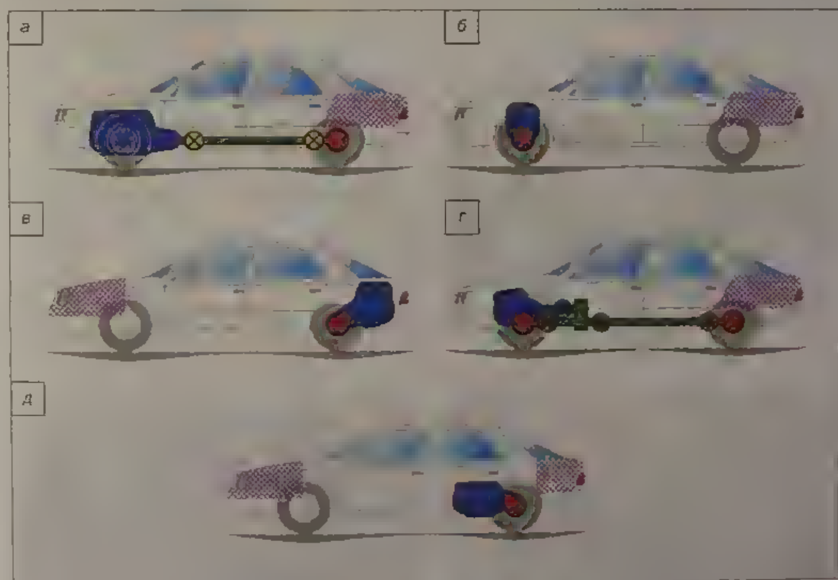


Рис. 1.17. **Компоновки легковых автомобилей: а — классическая; б — переднеприводная; в — заднемоторная; г — полноприводная с двигателем на базе классической; д — среднемоторная**

Таблица 1.3. Преимущества и недостатки различных компоновок легковых автомобилей

	Переднемоторная, переднеприводная	Классическая	Среднемоторная	Заднемоторная
Тяговые свойства — порожний автомобиль	+	–	+	+
Тяговые свойства — груженый автомобиль	–	+	+	+
Развесовка (распределение веса автомобиля по осям)	+	•	–	–
Объем салона	+	+	–	•
Объем багажника	+	+	•	–
Возможность модификации задней части кузова	+	+	–	–
Габаритная длина	+	•	•	•
Свойства кузова при столкновениях	+	+	–	–
Тепловая нагруженность салона	–	–	•	+
Возможность создания полноприводной модификации	+	+	•	+
Шум в салоне	+	–	–	+
Масса	+	•	+	+
Длина приводов управления силовым агрегатом	+	+	–	–

«+» — позитивное влияние; «–» — негативное влияние; «•» — ухудшает параметр незначительно



Рис. 1.18. **Городской автобус**

Компоновка автобуса во многом зависит от его назначения. Так, для городских автобусов (рис. 1.18) важен низкий уровень пола в салоне, широкие двери, позволяющие ускорить процесс посадки-высадки пассажиров на остановках. Городской автобус рассчитан на перевозку как сидящих, так и стоящих пассажиров, поэтому он должен иметь удобные площадки у входных дверей, широкие проходы и т. п. Для повышения пассажиро-



Рис. 1.19. **Сочлененный городской автобус**



Рис. 1.20. **Междугородний автобус**

вместимости при условии сохранения достаточной маневренности городские автобусы делают сочлененными; такой автобус состоит из двух шарнирно соединенных частей, расцепка частей не предусмотрена (рис. 1.19). Междугородние автобусы (рис. 1.20) предназначены для длительной перевозки сидящих пассажиров, поэтому здесь предъявляются повышенные требования к сиденьям, комфорту в салоне. Кроме того, автобусы оборудуются туалетом, кухней, телевизорами. У данных автобусов имеется большой объем отсеков для размещения багажа.

Кузов автобуса в большинстве случаев выполняет функции несущей системы (несущий кузов). Встречаются конструкции, когда кузов автобуса установлен на раме грузового автомобиля.

Ведущими колесами автобуса могут быть колеса передней оси, задней оси (задних осей — при многоосной схеме) или всех осей.

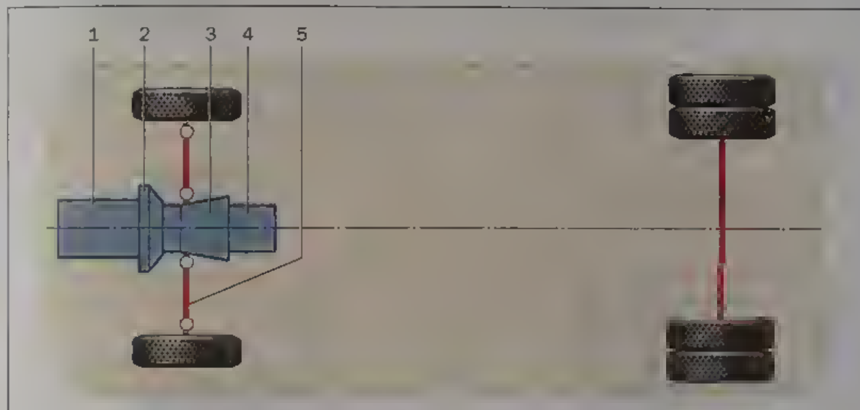


Рис. 1.21. **Переднеприводная компоновка с продольным расположением двигателя:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — главная передача; 4 — коробка передач; 5 — валы привода ведущих колес

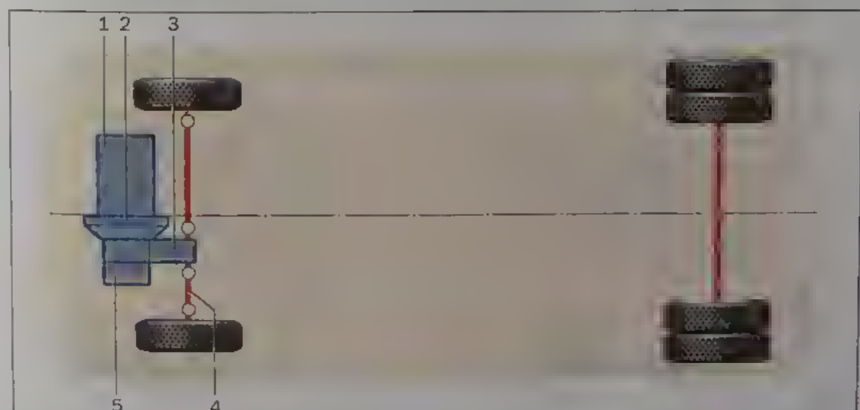
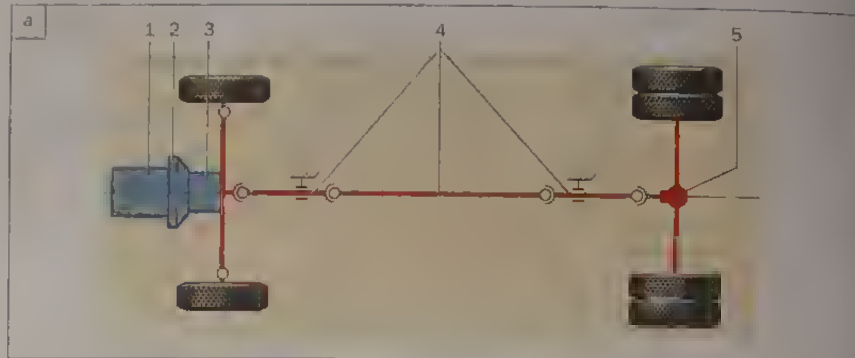


Рис. 1.22. **Переднеприводная компоновка с поперечным расположением двигателя:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — главная передача; 4 — валы привода ведущих колес; 5 — коробка передач



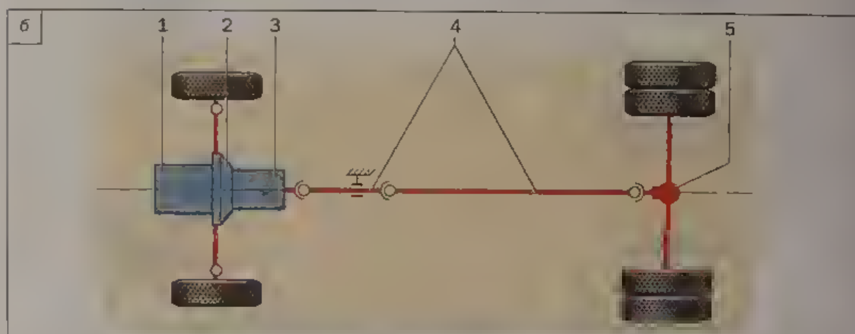


Рис. 1.23. **Переднемоторная заднеприводная компоновка с двигателем, расположенным в продольной плоскости симметрии автобуса: а — с коробкой передач, расположенной перед передней осью; б — внутри базы автобуса;** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача

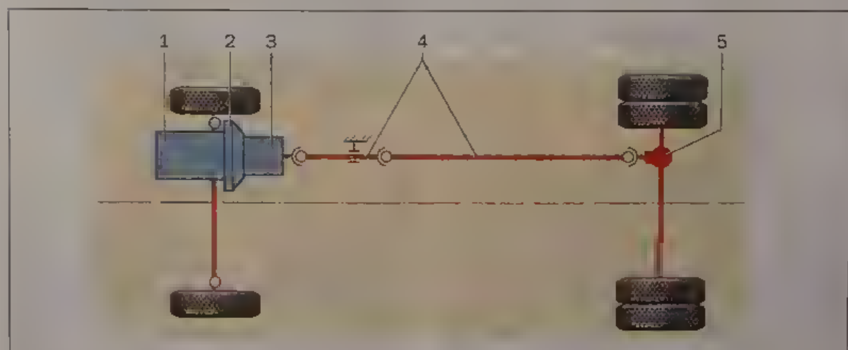
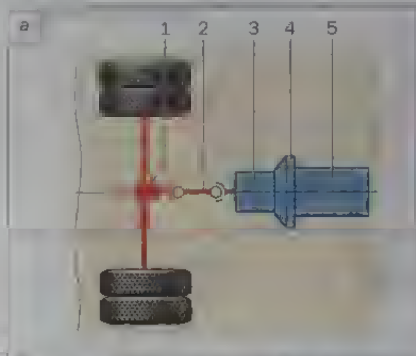


Рис. 1.24. **Переднемоторная заднеприводная компоновка со смещенным расположением двигателя:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача



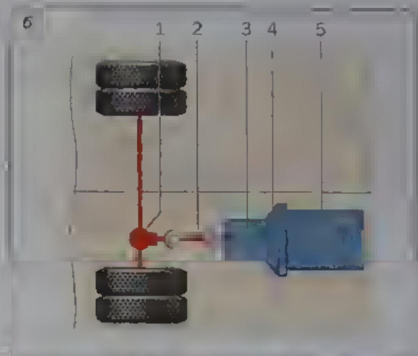
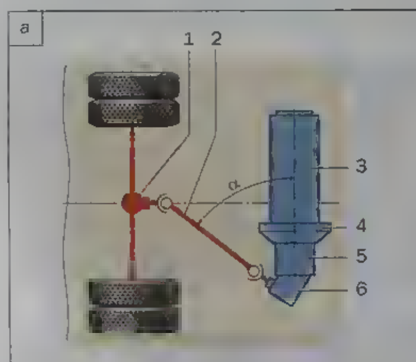
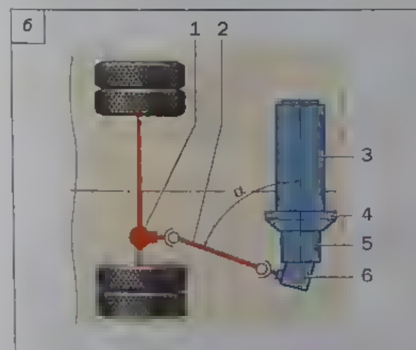


Рис. 1.25. **Заднеприводная заднемоторная компоновка с продольным центральным (а) и смещенным (б) расположением двигателя**: 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — коробка передач; 4 — сцепление; 5 — двигатель



Двигатель может устанавливаться в передней, задней или средней частях автобуса, внутри базы между передней и задней осями. При переднеприводной компоновке двигатель может устанавливаться вдоль продольной оси автобуса и поперек (рис. 1.21; 1.22). При заднеприводной схеме двигатель располагается в продольной плоскости симметрии автобуса или смещен относительно оси симметрии (рис. 1.23а, б; 1.24).

При заднем расположении двигателя возможны два варианта его установки — вдоль и поперек продольной оси автобуса (рис. 1.25; 1.26).



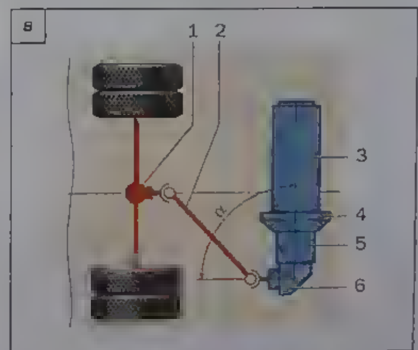


Рис. 1.26. **Заднеприводная заднемоторная компоновка с поперечным расположением двигателя и углом α, равным 60° или 65° (а), 80° (б) и 90° (в)**: 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — двигатель; 4 — сцепление; 5 — коробка передач; 6 — угловой редуктор

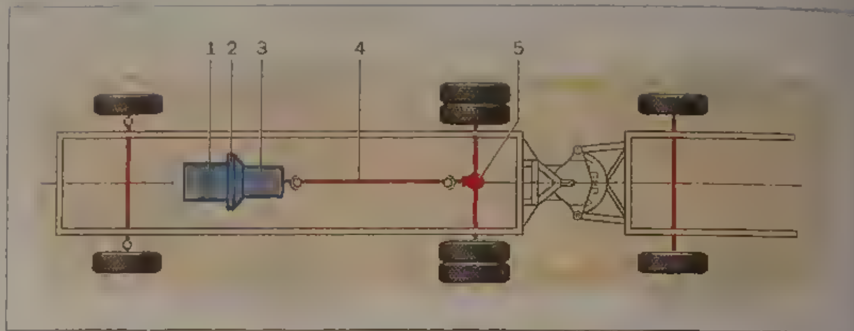


Рис. 1.27. **Сочлененный автобус с тянущей передней секцией и двигателем, расположенным внутри базы:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача

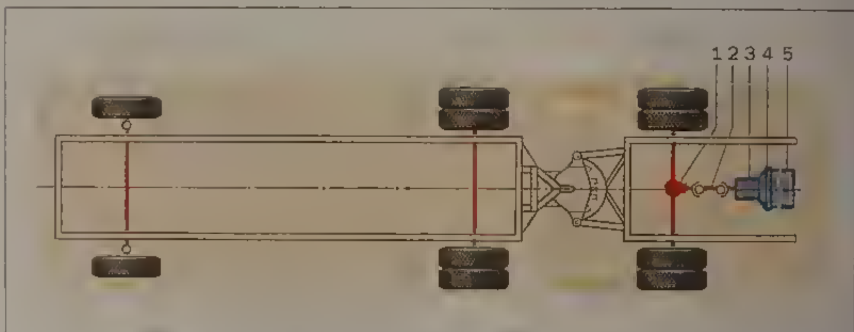


Рис. 1.28. **Сочлененный автобус с толкающей задней секцией и продольным расположением двигателя в задней прицепной секции:** 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — коробка передач; 4 — сцепление; 5 — двигатель

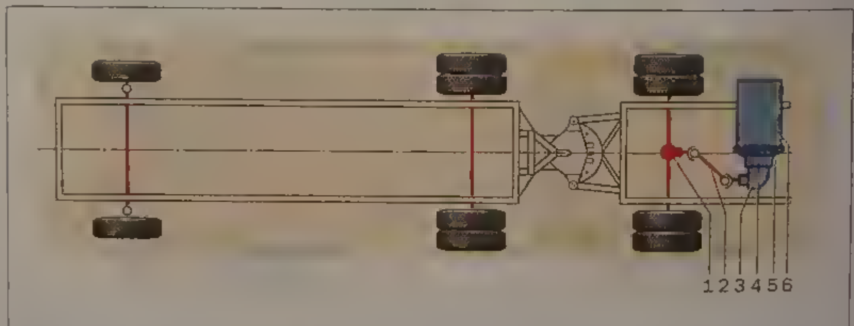


Рис. 1.29. **Сочлененный автобус с толкающей задней секцией с поперечным расположением двигателя в задней прицепной секции:** 1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — угловой редуктор; 4 — коробка передач; 5 — сцепление; 6 — двигатель

Сочлененные автобусы в основном являются городскими, и как правило низкопольными. Двигатель в сочлененных автобусах установлен внутри базы (рис. 1.27), а также в задней секции, вдоль или поперек, при этом задняя секция толкающая (рис. 1.28; 1.29).

Сравнительный анализ компоновок автобуса представлен в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Преимущества и недостатки различных компоновок автобусов

	Переднемоторная	Среднемоторная (под полом салона)	Заднемоторная
Высота пола салона (удобство входа-выхода)	–	– –	+ +
Полезное использование длины автобуса	– –	+ +	+
Удобство управления силовым агрегатом	+ +	–	– –
Унификация с агрегатами грузового автомобиля	+ +	+	– –
Удобство технического обслуживания и ремонта	+	– –	+

«+ +» — отлично; «+» — хорошо; «–» — удовлетворительно; «– –» — плохо



Таблица 1.5. Российская классификация автобусов по габаритной длине

Габаритная длина, м	Обозначение моделей
до 5 м	22xx
от 6 до 7,5	32xx
от 8 до 9,5	42xx
от 10,5 до 12	52xx
16,5 и более	62xx

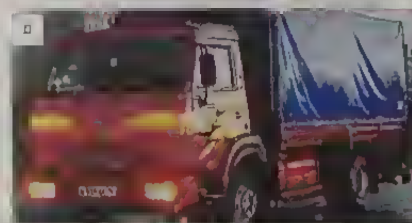








Рис. 1.30. **Грузовые автомобили: а, б — двухосные; в — трехосные; г — четырехосные; д — многоосные**

Таблица 1.6. Индексы грузовых автомобилей

Полная масса	Обозначение автомобилей					
	С бортовой платформой	Седельные тягачи	Самосвалы	Цистерны	Фургоны	Специальные
до 1,2 т	13xx	14xx	15xx	16xx	17xx	19xx
1,2–2,0 т	23xx	24xx	25xx	26xx	27xx	29xx
2,0–8,0 т	33xx	34xx	35xx	36xx	37xx	39xx
8,0–14 т	43xx	44xx	45xx	46xx	47xx	49xx
14,0–20,0	53xx	54xx	55xx	56xx	57xx	59xx
20,0–40,0	63xx	64xx	65xx	66xx	67xx	69xx
свыше 40	73xx	74xx	75xx	76xx	77xx	79xx

Существует классификация автобусов по полной массе (до 5 т, свыше 5 т) и по габаритной длине (табл. 1.5).

Компоновка грузовых автомобилей, прицепов, полуприцепов связана в основном с количеством осей (рис. 1.30) и исполнением грузового пространства (рис. 1.31). Количество осей зависит от полной массы автомобиля и разрешенной нагрузки от отдельной оси на дорогу (см. законодательные ограничения). Чем большую массу груза (или специального оборудования) необходимо перевозить, тем большее число осей должен иметь грузовой автомобиль.

Несущая система большинства грузовых автомобилей выполнена в виде рамы, двигатель расположен продольно спереди, ведущие колеса задние (классическая компоновка). Автомобили, предназначенные для движения как по дорогам, так и по бездорожью, имеют все ведущие колеса (полноприводная компоновка), но спроектированы они на базе дорожных грузовых автомобилей классической компоновки. Лишь незначительная часть грузовых автомобилей, предназначенных преимущественно для движения вне дорог, имеют компоновку, отличающуюся от классической (автомобили-амфибии, специальные автотранспортеры и т. д.).

Легкие грузовые автомобили (полной массой до 3,5 т) могут базироваться на шасси легкового автомобиля, в таком случае их компоновка аналогична компоновке базового легкового автомобиля.

Таблица 1.7.
Классифиикация дорожных транспортных средств, приятая в Правилах ЕЭК ООН

Обозначение категории	Обозначение подкатегории	Тип ТС
L	L1, L2	ТС с двигателем двух- и трехколесные
	L3–L5	–»–
M	M1	ТС с двигателем, имеющие не менее 4 колес и предназначенные для перевозки не более 8 пассажиров (кроме водителя)
	M2	Те же, имеющие более 8 мест для сидения (кроме места водителя)
	M3	–»–
N	N1	ТС с двигателем, имеющие не менее 4 колес и предназначенные для перевозки грузов
	N2	–»–
	N3	–»–
O	O1	ТС без двигателя
	O2	–»–
	O3	–»–
	O4	–»–





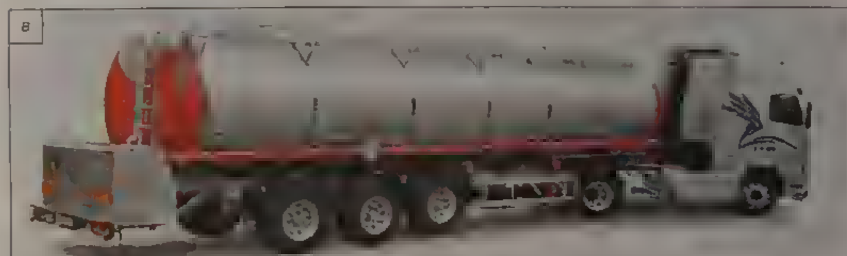


Рис. 1.31. **Грузовые автомобили с различными кузовами: а — самосвал; б — фургон; в — автоцистерна-полуприцеп**

Существует российская классификация грузовых автомобилей по полной массе и типу кузова (табл. 1.6).

Наибольшее распространение получила классификация дорожных транспортных средств Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН) (табл. 1.7).

Полная масса, т	Рабочий объем двигателя, см^3	Примечания
Не регламентируется	До 50 см^3	Мопеды
Не регламентируется	Не ограничен	Мотоциклы, мотороллеры
Не регламентируется	Не ограничен	Легковые автомобили
до 5,0	—"—	Автобусы
Свыше 5,0	—"—	Автобусы, в том числе сочлененные
До 3,5	Не ограничен	Грузовые автомобили, специальные автомобили
Свыше 3,5 до 12,0	—"—	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специальные автомобили
Свыше 12,0	—"—	—"—
До 0,75	—"—	Прицепы и полуприцепы
Свыше 0,75 до 3,5	—"—	—"—
Свыше 3,5 до 10,0	—"—	—"—
Свыше 10,0	—"—	—"—

МАРКИРОВКА АВТОМОБИЛЕЙ

В настоящее время многие страны имеют собственную автомобильную промышленность. Суммарный годовой выпуск автомобилей исчисляется десятками миллионов. При этом производство и продажа автомобилей носит межгосударственный характер.

Пример построения VIN

VIN

позиция

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
WMI			VDS						VIS							
J	M	B	S	N	E	5	5	A	P	Z	0	0	3	7	2	5
1	2	3	4	5	6			7	9	10	11					
					8											

1 Азия
2 Япония
3 MITSUBISHI
B — для Европы (левостороннее управление)
A — для Европы (правостороннее управление)
4 Тип кузова:
S — 4-дверный седан; L — 4-дверный хэтчбек
5 Тип трансмиссии:
N — 5-ступенчатая механическая, 5 передач
R — 4-ступенчатая АКП
6 Тип двигателя:
E52 — 1800 · SOHC; E54 — 2000 · DOHC;
E55 — 2000 · SOHC; E57 — 2000 · Дизель;
E64 — 2000 · DOHC · 4WS; E75 — 2000 · SOHC · 4WD;
E88 — 2500 · DOHC · 4WD
7 A — пассажирский автомобиль
8 Модель автомобиля:
E55 — GALANT
9 Модельный год:
P — 1993
10 Завод
11 Серийный (порядковый) номер — 3725

Рис. 1.32. **Пример построения VIN**

Для ужесточения контроля за огромным парком автомобилей мировое сообщество (в том числе Россия) приняло решение о введении единой общемировой системы маркировки автомобилей с помощью идентификационного номера автомобиля или VIN (Vehicle Identification Number).

Номер VIN состоит из 17 знаков (рис. 1.32) и имеет три составные части:

Первые три позиции — международный код изготовителя (WMI) — сочетание из трех букв или букв и цифр, индивидуальное для каждого производителя автомобилей.

Следующие шесть позиций являются описательной частью номера (VDS), и в них закодировано обозначение той или иной модели (модификации) автомобиля.

Позиции с 10 до 17 называются указательной частью номера (VIS) и содержат, как правило, код года выпуска (на 10-й позиции) и порядковый номер конкретного автомобиля.

Номер VIN в обязательном порядке наносят на каждый автомобиль при его производстве и указывают в регистрационных документах. Автомобили отечественного производства имеют в обозначении набор из четырех–шести цифр, которые связаны с конструкцией автомобиля, например ВАЗ-21099. Первая цифра показывает класс автомобиля по одному из технических параметров (рабочий объем двигателя — легковые, габаритная длина — автобусы, полная масса — грузовые автомобили), вторая цифра является индексом его назначения или типа кузова (1 — легковой автомобиль, 2 — автобус, 3–7 — грузовой автомобиль с различными кузовами, 8 — прицеп, 9 — полуприцеп) (см. табл. 1.1; 1.5; 1.6). Третья и четвертая цифры обозначают модель автомобиля и присваиваются заводом-изготовителем. Наличие пятой (или пятой и шестой) цифры показывает, что речь идет о модификации базовой модели.

Под модификацией понимается автомобиль, в конструкцию которого внесены незначительные изменения по сравнению с базовой моделью. Например, ВАЗ-21099 отличается от базовой модели ВАЗ-2109 лишь формой задней части кузова.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЯ

Завод-изготовитель составляет перечень числовых значений основных технических параметров автомобиля для каждой модели. Такой перечень называется технической характеристикой, приводится в справочной литературе, инструкции по эксплуатации

и позволяет потребителю получить представление о назначении и возможностях конкретной модели. В технической характеристике, например, легкового автомобиля указывают:

- пассажировместимость — максимальное количество пассажиров (кроме водителя), которое можно перевозить на данном автомобиле;
- снаряженную массу — массу заправленного эксплуатационными жидкостями укомплектованного автомобиля без водителя, пассажиров и багажа;
- максимально разрешенную заводом-изготовителем массу (полную массу) — максимальное значение массы автомобиля с водителем, пассажирами, багажом, грузом, предусмотренное заводом-изготовителем;
- колесную формулу — записывается в виде А×В, где А — общее число колес автомобиля, В — число ведущих колес;
- габаритные размеры — длину, ширину, высоту;
- базу — расстояние между передней и задней осями;
- основные параметры двигателя — тип (бензиновый, дизельный), число цилиндров, рабочий объем, максимальную мощность, максимальный крутящий момент, частоту вращения коленчатого вала при максимальных мощности и крутящем моменте;
- основные параметры коробки передач — тип, число ступеней;
- максимальную скорость — максимальное значение скорости, достигаемое автомобилем полной массы на горизонтальной дороге;
- расход топлива в ездовом цикле (имитирующем типичные режимы движения) — путевой расход топлива автомобиля с полной массой в цикле, состоящем из регламентированного набора разгонов, замедлений, участков движения с различными постоянными скоростями.

Технические характеристики некоторых автомобилей приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8. Технические характеристики автомобилей

Параметры	Модель		
	ВАЗ-21102	Audi A6	Porsche 911
Пассажировместимость, чел.	5	5	2
Снаряженная масса, кг	1020	1355	1540
Полная масса, кг	1480	1980	1885
Колесная формула	4×2	4×2	4×2
Габаритные размеры, мм :			
— длина	4265	4796	4435
— ширина	1680	1810	1830
— высота	1420	1453	1295
База, мм	2492	2760	2350
Тип двигателя	бензиновый		
Число цилиндров	4	4	6
Рабочий объем, см^3	1499	1781	3600
Максимальная мощность, кВт/ при частоте вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$	56/5400	110/5700	309/6000
Максимальный крутящий момент, Н·м/ при частоте вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$	116/3000	210/1750	560/2700
Тип коробки передач		механическая	
Число передач, число ступеней	5	5	6
Максимальная скорость, км/ч	167	216	305
Расход топлива, л/100 км: ездовой цикл	6,3	6,7	9,2

§ 4

ВЕДУЩИЕ МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ АВТОМОБИЛЕЙ

На современном автомобильном рынке присутствует несколько сотен марок автомобилей. Выпуск по отдельным маркам может составлять от нескольких миллионов до 1–2 штук в год. Но это изобилие лишь внешняя сторона медали, дающая возможность потенциальному потребителю выбрать нужный для себя автомобиль. Жесточайшая конкуренция в автомобильном секторе мировой экономики и необходимость, в первую очередь, снижения затрат на проектирование и производство автомобилей привели в последнее время к укрупнению автомобильных фирм (за счет покупки мелких конкурентов) или образованию альянсов автомобильных фирм. В результате на сегодняшний день свыше 80 % мирового выпуска автомобилей приходится на долю всего одиннадцати автомобильных концернов (см. диаграмму 1.1).

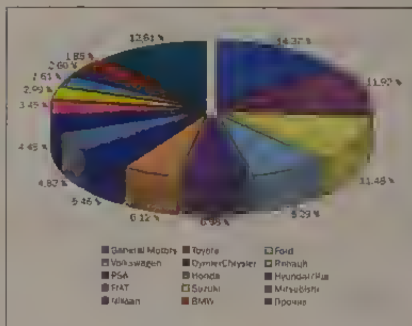


Диаграмма 1.1 **Объем выпуска автомобилей крупнейшими мировыми концернами**

При этом уход с рынка слабых фирм не всегда сопровождался исчезновением их названия. Поэтому современные концерны выпускают автомобили в различных странах под различными торговыми марками (рис. 1.33).

Основную долю (около 85 %) мирового выпуска составляют легковые автомобили. В секторе грузовых автомобилей полной массой до 6 т и микроавтобусов (около 10 % мирового рынка) лидирует японский концерн Toyota (около 523 тыс. автомобилей

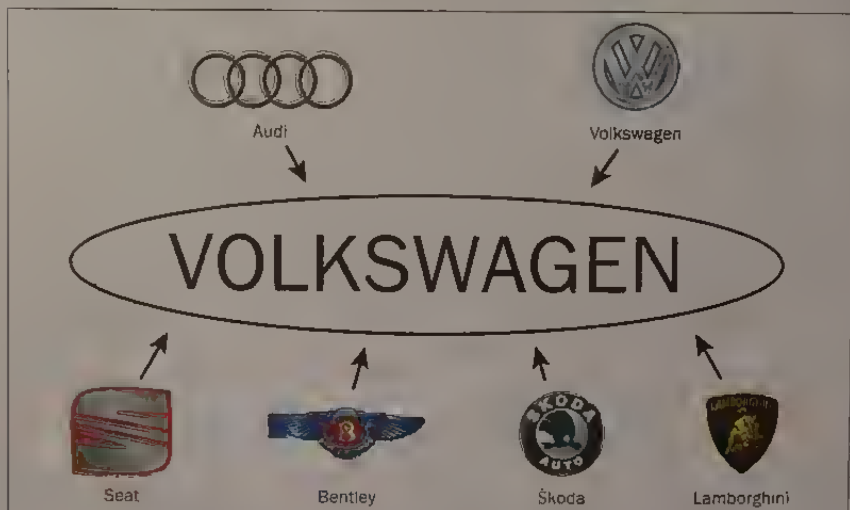


Рис. 1.33. **Торговые марки концерна VW Group (2005 г.)**

в 2001 г.). Наибольшее количество грузовых автомобилей полной массой свыше 6 т приходится на долю концерна DymlerChrysler (около 204 тыс. в 2001 г.). При этом второе место в мире занимает китайская фирма FAW (около 150 тыс. в 2001 г.). DymlerChrysler лидирует и в производстве автобусов (около 40 тыс. в 2001 г.). Производство автобусов характеризуется наличием большого количества кузовостроительных ателье, изготавливающих автобусы на агрегатах шасси ведущих фирм по производству грузовых автомобилей.

Крупнейшие производители автомобилей и автобусов в России представлены в табл. 1.9.

Таблица 1.9. Крупнейшие российские производители (2005 г.)

Легковые автомобили	АвтоВАЗ — свыше 700 тыс. в год, 17-е место в мире по объему выпуска
Легкие грузовые автомобили и микроавтобусы	ГАЗ — около 100 тыс. в год, 15-е место в мире по объему выпуска
Грузовые автомобили полной массой свыше 6 т	КамАЗ — свыше 20 тыс. в год, 18-е место в мире по объему выпуска
Автобусы	ПАЗ — около 10 тыс. в год, 5-е место в мире по объему выпуска

ГЛАВА 2

Двигатель

Двигатель служит источником энергии, необходимой для движения автомобиля. На большинстве современных автомобилей используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Но так было не всегда, и, возможно, со временем их заменят другие, более совершенные конструкции силовых установок, например с использованием топливных элементов.

§ 5

ЭВОЛЮЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

За более чем столетнюю историю своего существования ДВС прошли значительную эволюцию, они стали более мощными, экономичными, легкими и экологически чистыми, чем их предшественники. И хотя за это время предлагалось много альтернативных вариантов автомобильных двигателей, на сегодняшний день реальной экономически целесообразной замены существующим двигателям нет. Это, главным образом, обусловлено тем, что топливо, которое используют эти двигатели, можно хранить в компактном виде и его запаса хватает на достаточно большой пробег автомобиля.

Первые автомобили приводились в движение паровыми двигателями, которые появились в XVIII веке и являлись двигателями внешнего сгорания. В этих двигателях топливо сжигалось вне цилиндра двигателя и использовалось для получения водяного пара, а точнее, газа, который поступал под давлением в цилиндр двигателя и приводил в движение поршень. Изобретателем первого работоспособного парового двигателя является англичанин Джеймс Уатт, который получил патент на свое изобретение в 1784 г. Паровые двигатели того времени были тяжелыми и громоздкими, а главное — они имели очень низкий коэффициент полезного действия (КПД).

Попытки создания более эффективного двигателя (внутреннего сгорания), в котором топливо сжигается внутри цилиндра, а расширяющиеся газы приводят в движение поршень, увенчались успехом только в 1860 г., когда французский механик Жан-Этьен Ленуар создал и запатентовал первый работоспособный ДВС. В этом двигателе движущийся поршень засасывал внутрь цилиндра смесь горючего газа с воздухом, и в середине хода поршня смесь воспламенялась электрической искрой.

Возможность практического использования ДВС возникла только после того, как было использовано сжатие газа в цилиндре. В 1866 г. немецкий изобретатель Николаус Август Отто получил патент на четырехтактный двигатель внутреннего сгорания, в ко-

тором использовался принцип сжатия горючей смеси перед зажиганием. Рабочий процесс, происходящий в таких двигателях, получил название «цикл Отто». ДВС, работающие на этом принципе, имели значительно более высокий КПД, чем паровые двигатели, и, естественно, вытеснив последние, остаются самыми распространенными до сегодняшнего дня.

Позднее, англичанин Дуглас Кларк изобрел двигатель, работающий по двухтактному циклу, но такие двигатели не нашли широкого применения на автомобилях.

В 1892 г. Рудольф Дизель получил патент на двигатель, в котором использовался четырехтактный цикл Отто. Отличие заключалось в том, что в цилиндр подавалась не смесь топлива с воздухом, а чистый воздух, который сильно сжимался, нагреваясь при этом до высокой температуры, достаточной для воспламенения топлива, подаваемого затем в цилиндр, без необходимости применения для этого электрической искры. Сегодня такие двигатели, называемые по имени создателя дизелями, широко применяются в качестве силовых агрегатов автомобилей.

По конструкции все автомобильные двигатели внутреннего сгорания можно разделить на поршневые и роторные. В поршневых двигателях расширяющиеся при сгорании топлива газы приводят в движение поршень, возвратно-поступательное движение которого преобразуется во вращение коленчатого вала. В зависимости от способа воспламенения такие двигатели можно разделить на две группы: с воспламенением от искры (бензиновые) и с воспламенением от сжатия (дизели). В роторных двигателях расширяющиеся газы воздействуют на вращающуюся деталь — ротор. Роторные двигатели подразделяются на газотурбинные и роторно-поршневые. Наибольшее применение на автомобилях получили поршневые ДВС.

§ 6

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДВИГАТЕЛЕЙ

ЧЕТЫРЕХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Четырехтактный двигатель (рис. 2.1) состоит из цилиндров, установленных на картере и закрытых сверху головкой. Снизу к картеру крепится поддон. В головке цилиндров установлены клапаны — впускные и выпускные — и свечи зажигания (в бензиновых) или форсунки для впрыска топлива (в дизелях). Внутри цилиндра возвратно-поступательно перемещается поршень, который через поршневой палец соединен с верхней головкой шатуна. Нижняя головка шатуна охватывает шатунную шейку коленчатого вала, коренные шейки которого установлены на подшипниках в картере двигателя. Поршень уплотняется в цилиндре посредством поршневых колец. На конце коленчатого вала закреплен маховик. Положение, которое занимает поршень в конце его хода вверх, называется верхней мертвой точкой (ВМТ), а положение в конце хода вниз — нижней мертвой точкой (НМТ). Перемещение поршня от одной мертвой точки до другой при работе двигателя называется тактом. Объем, который образуется над поршнем при нахождении его в ВМТ, называется объемом камеры сгорания. Объем, который освобождает поршень при его движении от ВМТ к НМТ, называется рабочим объемом или литражом двигателя. Сумма объема камеры сгорания и рабочего объема называется полным объемом цилиндра.

Очень важным параметром поршневого двигателя является степень сжатия, которая определяется как отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания. Степень сжатия современных автомобильных двигателей с искровым зажиганием равна примерно 10. Автомобильные четырехтактные дизели имеют более высокую степень сжатия, не менее 20.

Четырехтактный цикл последовательно включает в себя следующие такты: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск (рис. 2.2).

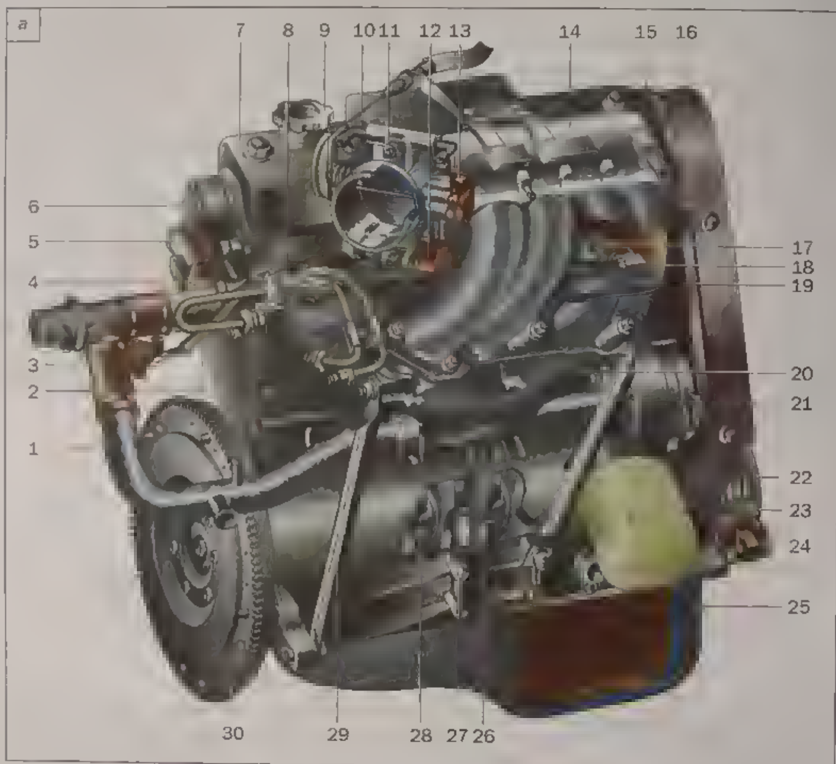


Рис. 2.1 а. **Двигатель ВАЗ-2111:** 1 — подводящая труба насоса охлаждающей жидкости; 2 — блок цилиндров; 3 — термостат; 4 — датчик температуры охлаждающей жидкости системы управления двигателем; 5 — выпускной патрубок охлаждающей жидкости; 6 — заглушка головки блока цилиндров; 7 — крышка головки блока цилиндров; 8 — регулятор давления топлива; 9 — крышка маслозаливной горловины; 10 — трос привода дроссельной заслонки; 11 — дроссельный узел; 12 — регулятор холостого хода; 13 — датчик положения дроссельной заслонки; 14 — ресивер; 15 — задняя крышка привода распределительного вала; 16 — передняя крышка привода распределительного вала; 17 — форсунка; 18 — пробка штуцера топливной рампы; 19 — топливная рампа; 20 — впускной коллектор; 21 — правый опорный кронштейн впускного коллектора; 22 — шкив привода генератора; 23 — масляный фильтр; 24 — датчик положения коленчатого вала; 25 — поддон картера; 26 — выпускной коллектор; 27 — шатун; 28 — коленчатый вал; 29 — левый опорный кронштейн выпускного коллектора; 30 — маховик

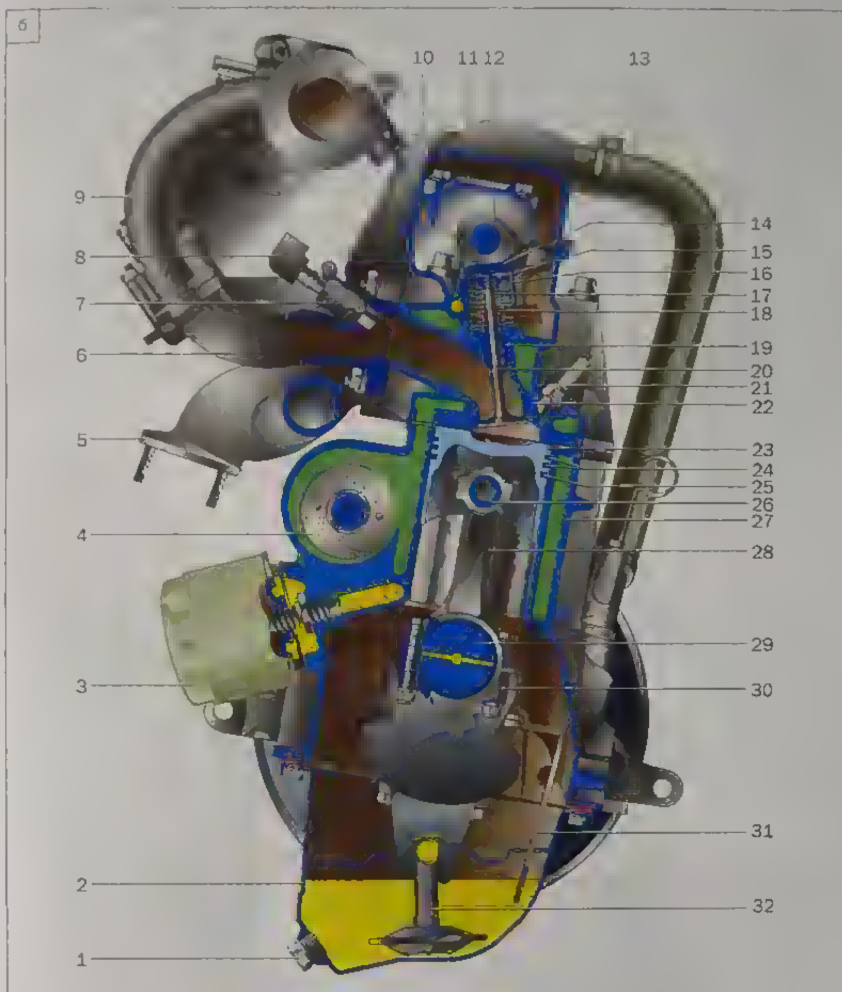
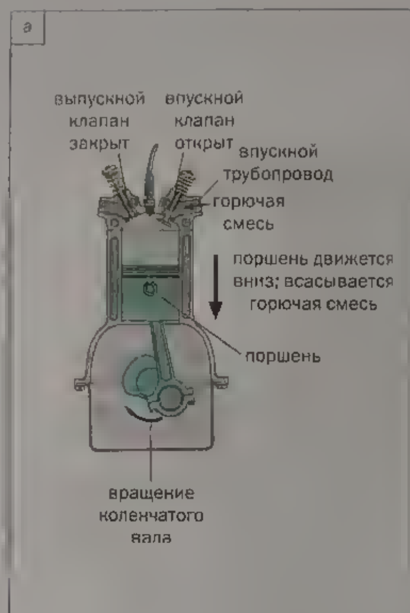
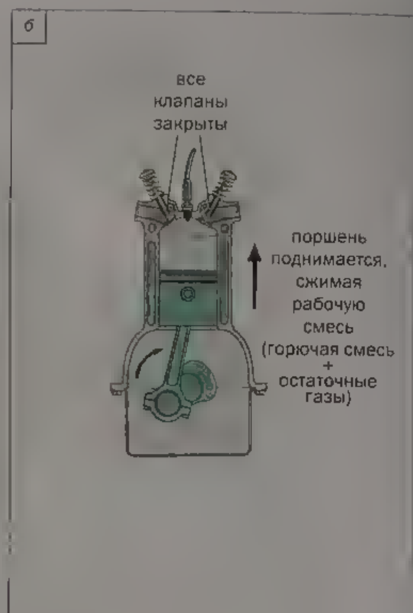
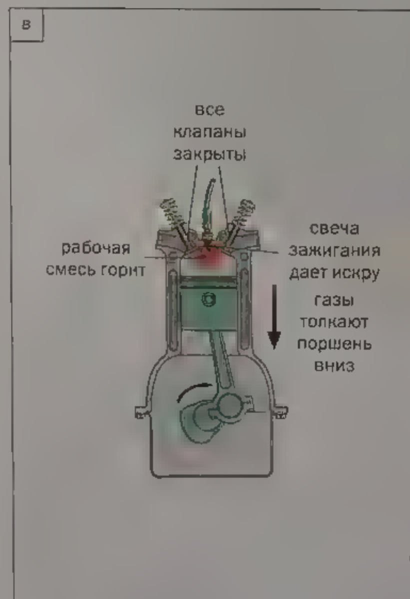


Рис. 2.1 б. **Поперечный разрез двигателя ВАЗ-2111**: 1 — пробка сливного отверстия поддона картера; 2 — поддон картера; 3 — масляный фильтр; 4 — насос охлаждающей жидкости; 5 — выпускной коллектор; 6 — впускной коллектор; 7 — форсунка; 8 — топливная рампа; 9 — ресивер; 10 — крышка головки блока цилиндров; 11 — крышка подшипников распределительного вала; 12 — распределительный вал; 13 — шланг вентиляции картера; 14 — регулировочная шайба клапана; 15 — сухари клапана; 16 — толкатель; 17 — пружины клапана; 18 — маслосъемный колпачок; 19 — направляющая втулка клапана; 20 — клапан; 21 — свеча зажигания; 22 — головка блока цилиндров; 23 — поршень; 24 — компрессионные кольца; 25 — маслосъемное кольцо; 26 — поршневой палец; 27 — блок цилиндров; 28 — шатун; 29 — коленчатый вал; 30 — крышка шатуна; 31 — указатель уровня масла; 32 — приемник масляного насоса







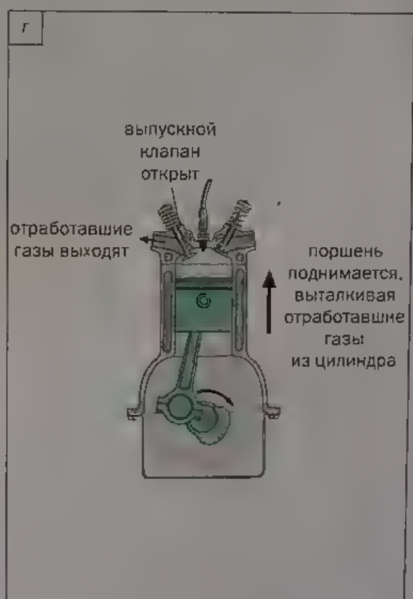


Рис. 2.2. **Четырехтактный цикл: а — впуск; б — сжатие; в — рабочий ход; г — выпуск**

При работе бензинового двигателя в начале такта впуска открывается впускной клапан, а поршень перемещается от ВМТ. По мере перемещения поршня по направлению к НМТ в цилиндре образуется разрежение и в него поступает смесь паров бензина и воздуха, которую принято называть топливно-воздушной или горючей смесью. После прохода поршнем НМТ он за счет вращения коленчатого вала начнет подниматься к ВМТ, что является началом такта сжатия. В начале такта сжатия закрывается впускной клапан и оба клапана остаются закрытыми в течение всего такта. При перемещении поршня к ВМТ горючая смесь, находящаяся в цилиндре, сжимается, ее давление и температура возрастают. Максимальное значение давления сжатия возникает, когда поршень достигает ВМТ. Но поскольку процесс сгорания топлива занимает определенное время, горючую смесь необходимо поджечь заранее, до того как поршень дойдет до ВМТ в такте сжатия. Смесь воспламеняется с помощью электрической искры, проскакивающей между электродами свечи зажигания. Угол поворота коленчатого вала от момента появления искры до ВМТ называется углом опережения зажигания. При сгорании топлива выделяется большое количество энергоемких газов, которые давят на поршень, заставляя его в следующем такте совершать рабочий ход, который происходит при закрытых клапанах, когда поршень движется по направлению от ВМТ к НМТ. После рабочего хода начинается такт выпуска. При этом открывается выпускной клапан, а поршень движется по направлению к ВМТ, вытесняя отработавшие газы в атмосферу. Затем цикл повторяется в той же последовательности.

ДВУХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Двухтактный ДВС обычно не имеет клапанов (за исключением двухтактных дизелей), а вместо них в определенных местах цилиндра выполнены отверстия, которые называются продувочными окнами (рис. 2.3).

Через одно окно поступает топливно-воздушная смесь (или воздух в дизелях), а через другое удаляются отработавшие газы. В головке цилиндра устанавливается свеча зажигания (или форсунка в дизелях). Поршень в таких двигателях, как правило, имеет специальную форму. Во время первого такта происходят впуск и сжатие. Когда поршень находится в НМТ, оба продувочных окна открыты. Через одно из них под давлением от отдельного продувочного насоса или с использованием подпоршневой полости (картера) поступает свежая горючая смесь (или чистый воздух в дизелях) и, заполняя цилиндр, одновременно вытесняет остатки отработавших газов. Движущийся к ВМТ поршень перекрывает продувочные окна, и начинается процесс сжатия. Вблизи от ВМТ подается искра от свечи зажигания (или впрыскивается топливо в дизеле), после чего начинается второй такт — рабочий ход, который переходит в выпуск, после того как открывается выпускное окно.

При одинаковой мощности двухтактный двигатель получается проще и компактнее, чем четырехтактный. Кроме того, в двухтактных двигателях рабочий ход происходит

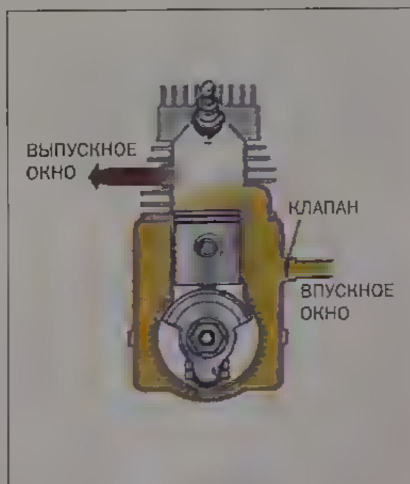


Рис. 2.3. **Схема двухтактного ДВС**

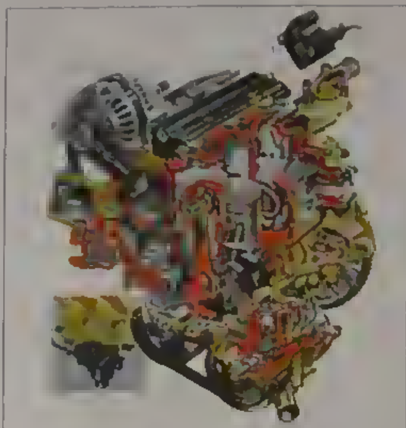


Рис. 2.4. **Двухтактный трехцилиндровый автомобильный двигатель, разработанный совместно компаниями Ford и Orbital**

в два раза чаще. Это привело к широкому применению двухтактных двигателей на небольших транспортных средствах и агрегатах, таких как мотоциклы, моторные лодки, газонокосилки и т. п. В 60-е гг. двухтактные двигатели устанавливались на автомобилях SAAB, а также на автомобилях, производившихся в ГДР (Wartburg и Trabant).

К сожалению, в классических двухтактных двигателях часть топливно-воздушной смеси неизбежно теряется вместе с отработавшими газами, что обусловливает худшую топливную экономичность, по сравнению с четырехтактными двигателями, и плохие экологические показатели. Вот почему все серийно выпускаемые в настоящее время автомобили комплектуются четырехтактными двигателями. Необходимо отметить, что в последнее время появились двухтактные двигатели, в которых используется процесс впрыскивания топливно-воздушной смеси, разработанный фирмой Orbital (рис. 2.4), что позволило значительно улучшить показатели таких двигателей. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен ниже. Многие исследователи отмечают также меньшую долговечность двухтактных двигателей, вызванную тем, что поршневые кольца постоянно пересекают кромки продувочных окон, и поэтому изнашиваются быстрее.

РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

За время более чем столетнего существования автомобиля предлагались сотни вариантов двигателей, но достойной замены поршневому ДВС не нашлось. Единственной альтернативой, достигшей применения на серийных автомобилях, является роторно-поршневой двигатель, или, как еще его называют по имени изобретателя — двигатель Ванкеля. Этот двигатель был впервые применен на автомобилях фирмы NSU, которая впоследствии вошла в группу компаний Volkswagen. Сейчас двигатели Ванкеля устанавливаются на некоторые автомобили компании Mazda. В частности, роторно-поршневому двигателю Mazda Renesis Rotary для спортивного автомобиля RX-8 была присуждена награда «Лучший новый двигатель 2003 года».

Роторно-поршневой двигатель работает по четырехтактному циклу, как и обычный поршневой ДВС (рис. 2.5). Вместо поршня в этом двигателе применяется вращающийся ротор (рис. 2.6) специальной формы, имеющий название «дельтроид».

Ротор вращается внутри корпуса двигателя, который называется статором и имеет сложную геометрическую форму. Ротор связан зубчатой передачей с корпусом двигателя, а за счет эксцентрикового вала, может совершать планетарное перемещение внутри статора, при этом все три вершины ротора постоянно соприкасаются с внутренней поверхностью статора. При этом между ротором и статором образуются три полости переменного объема, в которых можно осуществить четырехтактный цикл. В корпусе двигателя выполнены каналы для прохода охлаждающей жидкости, а также для подачи воздуха, топлива и выпуска отработавших газов. Воспламенение топливно-воздушной смеси осуществляется с помощью свечей зажига-

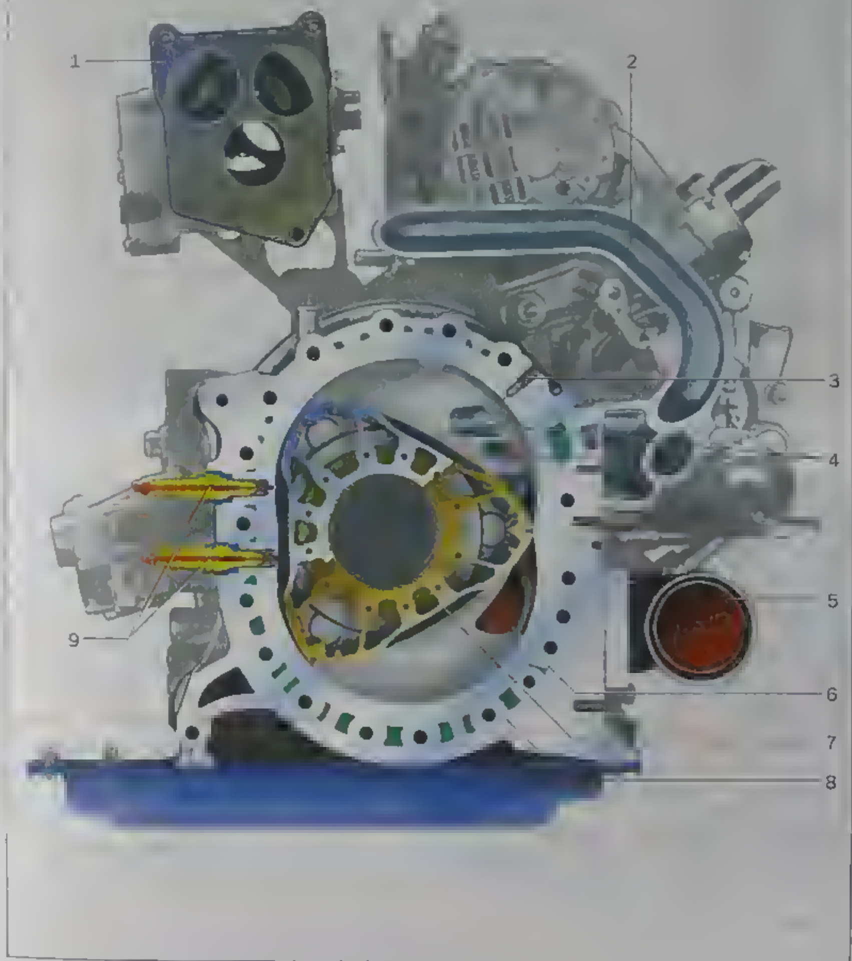


Рис. 2.5. **Роторно-поршневой двигатель «Ренезис»**: 1 — блок управления открывает те или иные впускные трубопроводы в зависимости от частоты вращения; 2 — на каждую секцию приходится по три впускных трубопровода разной длины; 3 — специальная форсунка подает масло к рабочим поверхностям; 4 — смесь в камеру сгорания попадает через боковые окна; 5 — выпускные каналы покрыты термостойкой керамикой; 6 — из-за бокового расположения выпускных окон часть отработавших газов не покидает камеру сгорания, а участвует в следующем цикле; 7 — облегченный ротор развивает до 10 000 мин$^{-1}$; 8 — ширина статора — 80 мм; 9 — основная и дожигающая свечи зажигания работают последовательно

Рис. 2.6. **Детали двухроторного двигателя автомобиля Mazda**



Рис. 2.7. **Двухроторный двигатель Ванкеля автомобиля Mazda RX-8 в сборе**

ния. Увеличение мощности таких двигателей достигается с применением нескольких роторов в одном двигателе (рис. 2.7).

Роторно-поршневые ДВС более легкие и компактные по сравнению с поршневыми двигателями и отличаются более высокой максимальной частотой вращения. Долгое время слабым местом этих двигателей были уплотнения вершин ротора, имевшие низкую долговечность, но со временем компания Mazda решила эту проблему. Однако большая площадь рабочих поверхностей ротора и статора и несовершенная форма камеры сгорания приводят к существенным потерям тепла, а это отрицательно сказывается на показателях двигателя. Поэтому двигатели Ванкеля по сравнению с поршневыми двигателями менее экономичны и более токсичны.

ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Основное отличие газотурбинного двигателя от поршневого заключается в том, что рабочий процесс в нем происходит не циклично, а непрерывно. Топливо постоянно впрыскивается в камеру сгорания такого двигателя и, смешавшись там с воздухом, сгорает. Образующиеся при этом газы с высокой скоростью попадают на лопатки силовой турбины и турбины компрессора. Силовая турбина через редуктор соединяется с трансмисси-

ей автомобиля, а компрессор служит для нагнетания воздуха в двигатель. Горячие газы, выходящие из турбины, попадают в теплообменник, где нагревают воздух, подающийся в камеру сгорания двигателя, после чего удаляются в атмосферу. Наличие теплообменника дает возможность повысить эффективность газотурбинного двигателя. Газотурбинные двигатели имеют высокую мощность при небольших размерах. Самой большой частью такого двигателя является теплообменник. Отсутствие возвратно-поступательных перемещений в таком двигателе обеспечивает высокую равномерность его работы. К другим преимуществам газовых турбин относятся легкость пуска при низких температурах, малая токсичность и возможность работы на различных (жидких и газообразных) топливах. Широкого применения на автомобилях газотурбинные двигатели не получили из-за низкой топливной экономичности, сильного шума при работе и высокой стоимости их производства. Существенным недостатком газотурбинных двигателей является также то, что они медленно реагируют при необходимости резкого ускорения автомобиля.

§ 7

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

В двигателе внутреннего сгорания выделяющиеся при сгорании топлива газы давят на поршень и через преобразующий механизм выполняют механическую работу по вращению коленчатого вала двигателя. Затем эта работа используется для вращения ведущих колес автомобиля. Любой двигатель обладает определенной мощностью и крутящим моментом. Большинство людей при оценке автомобиля в первую очередь обращают внимание на мощность его двигателя и не очень интересуются крутящим моментом, хотя его значение существенно влияет на поведение автомобиля на дороге. Крутящий момент на валу двигателя представляет собой произведение величин силы и длины плеча ее действия.

Современной единицей измерения крутящего момента является ньютонометр (Н•м). Крутящий момент, создаваемый двигателем, зависит от рабочего давления внутри цилиндра двигателя, площади поршня, радиуса кривошипа коленчатого вала и ряда других параметров. Поскольку время воздействия давления газов на поршень изменяется при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя, крутящий момент также изменяется. Если умножить величину крутящего момента, соответствующую определенной частоте вращения вала двигателя, на его угловую скорость, получим значение мощности двигателя, развиваемой при этой скорости. Начиная с XVIII в., единицей измерения мощности была лошадиная сила. Современной международной единицей измерения мощности является киловатт (кВт). При этом лошадиную силу (л. с.) довольно часто продолжают указывать в технических характеристиках автомобильных двигателей. Для того чтобы перевести мощность, указанную в киловаттах, в лошадиные силы, нужно умножить ее значение на 1,34.

Ускорение, развиваемое автомобилем, которым так интересуется большинство водителей, как раз в основном и зависит от величины крутящего момента. Мощность двигателя определяет, главным образом, максимальную скорость автомобиля. Профессиональные автомобилисты для оценки работы двигателя используют скоростные характеристики, которые представляют собой зависимость крутящего момента двигателя и его мощности от угловой скорости или частоты вращения его вала (рис. 2.8). Скорост-

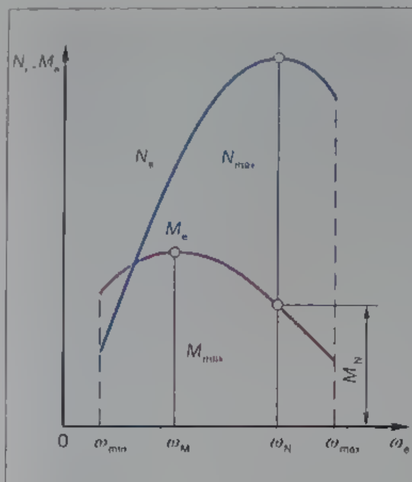


Рис. 2.8. **Скоростная характеристика ДВС:** N_e — эффективная мощность; M_e — эффективный крутящий момент; M_{max} — максимальный крутящий момент; N_{max} — максимальная мощность; M_N — крутящий момент, соответствующий максимальной мощности; ω — угловая скорость вала двигателя

ные характеристики реальных двигателей получают при их испытаниях на специальных стендах. Очевидно, что значения показателей двигателя будут зависеть от количества поступающего в двигатель топлива, то есть от положения педали «газа». Зависимость скорости автомобиля, полученная при максимальной подаче топлива в цилиндры двигателя, называется внешней скоростной характеристикой.

На графике скоростной характеристики отмечаются минимальные и максимальные обороты коленчатого вала двигателя. Как можно заметить из приведенной скоростной характеристики ДВС, крутящий момент достигает своего максимального значения при средних оборотах вала, а затем при дальнейшем увеличении частоты вращения снижается. Хорошо это или плохо? Давайте представим себе автомобиль, который движется по ровной горизонтальной дороге с максимальной скоростью, а его двигатель имеет такую кривую изменения крутящего момента. Максимальная скорость наступает при оборотах двигателя, близких к наибольшим, когда сила, приложенная к ведущим колесам автомобиля и соответствующая крутящему моменту двигателя при этих оборотах, увеличенному с помощью трансмиссии, уравняется с силами сопротивления движению, действующими на автомобиль. Если на дороге перед этим автомобилем возникнет даже небольшой подъем, силв сопротивления увеличится, а обороты двигателя уменьшатся. Что же произойдет при этом с крутящим моментом двигателя?

Из скоростной характеристики можно заметить, что уменьшение оборотов двигателя приведет к небольшому увеличению крутящего момента. Если подъем на дороге не очень велик, то этого увеличения крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, может хватить для его преодоления без перехода на более низкую передачу в трансмиссии автомобиля. Другими словами, двигатель с падающей характеристикой крутящего момента хорошо приспосабливается к увеличению сопротивления движению автомобиля. Причем, чем круче опускается кривая момента на скоростной характеристике при увеличении угловой скорости вращения вала двигателя, тем лучшей приспосабливаемостью он обладает.

Электрический двигатель имеет максимальное значение крутящего момента при минимальных оборотах, и при их увеличении крутящий момент постоянно снижается. Поэтому у электромобиля трансмиссия значительно упрощается — ему не нужна коробка передач. Но об электромобилях мы поговорим немного позже.

Любой автомобильный двигатель представляет собой совокупность механизмов и систем. Основными механизмами четырехтактного поршневого двигателя внутреннего сгорания являются кривошипно-шатунный механизм (КШМ) и газораспределительный механизм (ГРМ).

§ 8

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

В одноцилиндровом четырехтактном двигателе на каждые два оборота коленчатого вала приходится четыре хода поршня, только один из которых рабочий. Это приводит к неравномерной работе двигателя. Для небольших двигателей, таких как легкие лодочные моторы, двигатели мопедов, легких мотоциклов и т. д., такая неравномерность не представляет большой проблемы. Для более тяжелых автомобилей требуется большая мощность двигателя, а следовательно, и больший рабочий объем цилиндра. В этом случае неравномерность работы двигателя становится более заметной. Вот почему на современных автомобилях применяются многоцилиндровые ДВС. Применение нескольких цилиндров, в которых рабочий ход происходит в разные моменты времени, дает возможность сгладить пульсации крутящего момента на валу двигателя. Большинство легковых автомобилей малого класса имеют четырехцилиндровые двигатели, хотя иногда используются двухцилиндровые и трехцилиндровые. На более тяжелых автомобилях, требующих большой мощности, наряду с четырехцилиндровыми, могут применяться пятицилиндровые и шестицилиндровые двигатели. Легковые автомобили высшего класса оборудуются восьмицилиндровыми и двенадцатицилиндровыми двигателями, хотя встречаются двигатели с десятью цилиндрами. Большинство грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности имеют двигатели с шестью и восемью цилиндрами.

Кривошипно-шатунный механизм многоцилиндрового двигателя состоит из подвижных и неподвижных деталей.

К подвижным деталям КШМ относятся: поршень, поршневые кольца, поршневой палец, шатун, коленчатый вал, вкладыши подшипников и маховик. Неподвижными деталями КШМ являются: блок цилиндров, головка блока и прокладка головки блока (рис. 2.9).

Кривошипно-шатунный механизм воспринимает давление газов, возникающих при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, и преобразует это давление в механическую работу по вращению коленчатого вала. Прежде чем перейти к подробному рассмотрению конструкций отдельных деталей современных КШМ, необходимо разобраться в применяемых компоновочных схемах.

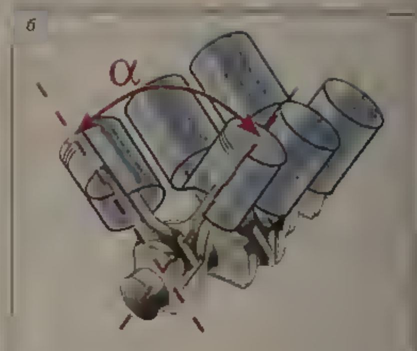
Расположение цилиндров в блоке определяет компоновочную схему двигателя (рис. 2.10). Если оси цилиндров расположены в одной плоскости, то такие двигатели называют рядными.

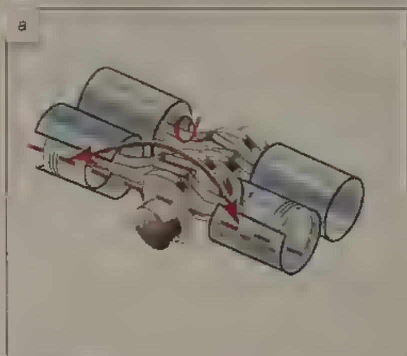
Рядные двигатели устанавливаются на автомобиле или вертикально, или под углом к вертикальной плоскости для уменьшения высоты, занимаемой двигателем, а в некоторых случаях горизонтально, например при размещении под полом автобуса. В V-образных двигателях оси цилиндров находятся в двух плоскостях, расположенных под углом друг к другу. Угол между осями цилиндров может быть различным. Разновидностью такого двигателя можно считать двигатель с так называемыми оппозитными (противолежащими) цилиндрами (в некоторых странах такую компоновку называют

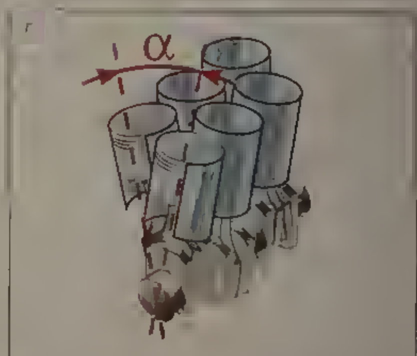


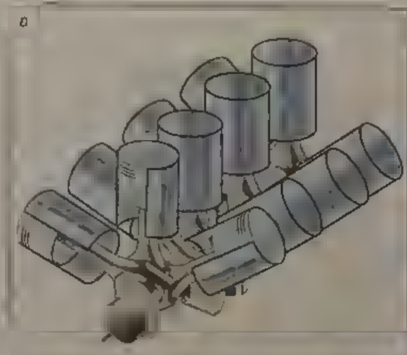
Рис. 2.9. **Неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма**











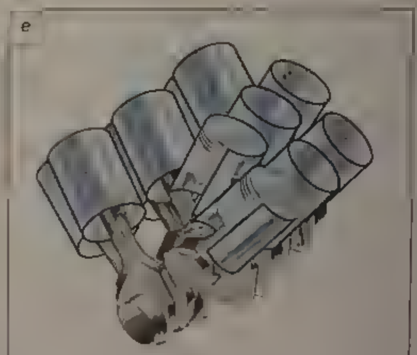


Рис. 2.10. **Схемы расположения цилиндров в двигателях различной компоновки: а — рядный четырехцилиндровый; б — V-образный шестицилиндровый; в — оппозитный четырехцилиндровый; г — VR-двигатель шестицилиндровый; д и е — W-образные 12-цилиндровые двигатели;** α — угол развала

«boxer»), у которого этот угол составляет 180°. Сравнительно недавно появился двигатель W12, разработанный группой компаний Volkswagen, схема которого представляет собой как бы два V-образных двигателя с разными углами между осями цилиндров, имеющими общий коленчатый вал (рис. 2.11).

Перед тем как перейти к детальному рассмотрению двигателей различных компоновок и особенностей конструкций деталей КШМ, необходимо определиться с такими базовыми понятиями, как ход поршня и диаметр цилиндра, которые определяют рабочий объем двигателя и оказывают основное влияние на рабочие характеристики любого двигателя. Диаметр цилиндра — это диаметр отверстия, выполненного в блоке цилиндров. Ход поршня — расстояние между ВМТ и НМТ. Диаметр цилиндра и ход поршня принято измерять в миллиметрах, а объем двигателя в литрах. Понятно, что два двигателя одинакового объема могут иметь различное число цилиндров и различную компоновку.

Если диаметр цилиндра больше хода поршня, то такой двигатель называют короткоходным. Данные двигатели развивают более высокие максимальные обороты коленчатого вала, и в них упрощается размещение впускных и выпускных клапанов, что дает возможность получения высокой мощности. Если ход поршня превышает диаметр цилиндра, то двигатель

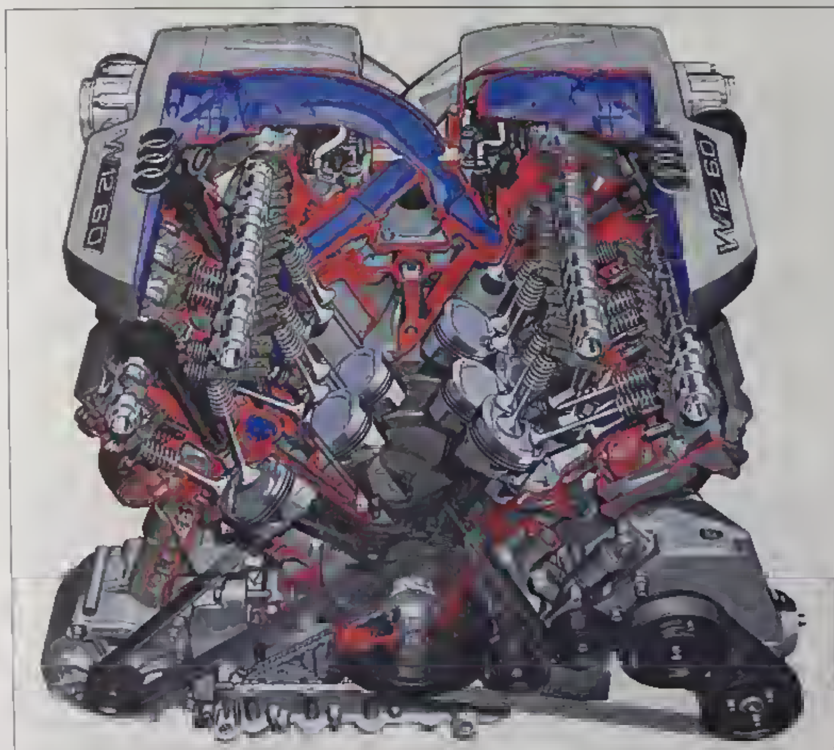


Рис. 2.11. **Двигатель W12, устаиавливаемый иа Audi A8 с 2001 г., практкчески состоит из двух двигателей V6 с различиыми углами развала циликдров, использующих общий колекчатый вал**

считается длинноходным. Такие двигатели, как правило, более экономичны и характеризуются большими значениями крутящего момента. Длинноходные двигатели имеют большую высоту, но короче по длине.

При разработке конструкции двигателя приходится решать вопрос о выборе величины объема отдельного цилиндра. Если объем цилиндра сделать очень маленьким, то он будет плохо заполняться топливно-воздушной смесью и мощность такого двигателя будет низкой. В то же время нельзя безгранично увеличивать объем цилиндра, потому что при этом фронт распространения пламени может не успеть дойти до стенок цилиндра за то короткое время, которое отводится на рабочий ход, а это приведет к уменьшению давления в цилиндре и скажется на уменьшении мощностных показателей двигателя. В современных автомобильных двигателях объем отдельного цилиндра редко превышает 0,8 л, а в большинстве двигателей составляет около 0,5 л.

Как уже отмечалось ранее, чем большее число цилиндров имеет двигатель, тем равномернее он работает. Пульсации, возникающие при работе ДВС, могут быть уменьшены применением массивного маховика, устанавливаемого на конце коленчатого вала. Чем меньше цилиндров имеет двигатель, тем большей массой должен обладать маховик. В то же время массивный маховик из-за своей инерционности ухудшает способность двигателя быстро набирать обороты. Поэтому конструкторам двигателей приходится принимать компромиссные решения.

БАЛАНСИРОВКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Равномерность работы двигателя зависит также от его сбалансированности. Любой поршневой двигатель подвергается действию реактивных сил. Когда поршень в одноцилиндровом двигателе движется вверх, корпус двигателя стремится сдвинуться вниз, и наоборот. При этом та часть автомобиля, на которую установлен двигатель, будет постоянно подвергаться вертикальным колебаниям. Это явление можно устранить, установив на коленчатый вал противовесы. Вертикальные колебания прекратятся, но возникнут поперечные, вызванные самими противовесами. Если в двухцилиндровом рядном двигателе поршни будут двигаться в противоположных направлениях, они будут взаимно компенсировать вертикальные перемещения, но возникнут колебания двигателя вперед-назад. Все автомобильные двигатели устанавливаются на упругих опорах, но в случае большого дисбаланса вибрации могут передаваться на кузов автомобиля. Кроме неравномерности работы двигателя, вызванной перемещением поршней, существует неравномерность, вызванная движением шатунов, которые совершают сложное движение: вверх-вниз и из стороны в сторону.

Общий дисбаланс двигателя в значительной степени зависит от его компоновки. Так, например, четырехцилиндровый рядный двигатель, в отличие от V-образных четырехцилиндровых (двигатель автомобилей Lancia, МеМЗ-968), достаточно хорошо сбалансирован. Неслучайно они устанавливаются на многих небольших легковых автомобилях. Хотя при увеличении объема такого двигателя вибрации могут стать ощутимыми. Еще лучше сбалансирован четырехцилиндровый двигатель с оппозитными (противолежащими) цилиндрами. Такие двигатели успешно применялись на автомобилях VW Beetle, а в настоящее время устанавливаются на большинство автомобилей Subaru. Шестицилиндровые двигатели с оппозитными цилиндрами (Porsche 911 и некоторые Subaru) обладают отличной равномерностью при работе. Кроме того, такие двигатели дают возможность понизить центр масс автомобиля, а при переднем расположении — применить пологий капот, улучшающий аэродинамику автомобиля. К недостаткам таких двигателей следует отнести сложность их производства и обслуживания. В рядном шестицилиндровом двигателе можно добиться практически абсолютной сбалансированности сил инерции. V-образные шестицилиндровые двигатели более компактны по длине, что особенно важно при их поперечной установке на автомобиле. Сбалансированность V-образных двигателей зависит от угла между осями цилиндров. Так, для V-образного шестицилиндрового

двигателя наилучшим углом будет угол 60° или 120° (или 180° у двигателя с оппозитными цилиндрами). Такие же углы «идеально» подходят для почти полностью сбалансированного двигателя V12, хотя большие углы увеличивают ширину двигателя. Достаточно хорошо сбалансирован двигатель V8, если угол между осями цилиндров составляет 90° и применяется соответствующая конструкция коленчатого вала.

Дисбаланс двигателей может быть почти полностью компенсирован применением балансирных валов (рис. 2.12), которые имеют противовесы и приводятся во вращение от коленчатого вала двигателя. Для получения хороших результатов балансирные валы должны устанавливаться в определенном месте двигателя, что существенно усложняет его конструкцию.

В последнее время для уменьшения вибраций рядных четырехцилиндровых двигателей большого объема стали широко применять балансирные валы, устанавливаемые рядом в поддоне картера двигателя (двигатели Ford Coswort DOHC, двигатели BMW) (рис. 2.13).

Довольно часто производители автомобилей увеличивают мощность двигателя за счет добавления еще одного цилиндра. Такой способ дает возможность сборки двигателей на одной технологической линии, что удешевляет производство. Таким образом, были созданы пятицилиндровые двигатели Volvo, Volkswagen и FIAT. Для таких двигателей часто применяются балансирные валы. Двигатели с тремя цилиндрами также сбалансированы плохо, и, поскольку они устанавливаются на недорогие автомобили, конструкторы часто отказываются от применения балансирных валов, позволяя двигателю работать неравномерно, но для монтажа двигателя применяют специальные виброгоглощающие опоры, которые дают возможность свести к минимуму передачу на кузов вибраций. На дорогих автомобилях применяются еще более совершенные опоры двигателя. Так, на Range Rover с дизелем TD6 применяются гидравлические опоры с электронным управлением. Компьютер, управляющий работой этих опор, сводит практически к нулю все вибрации, передающиеся на кузов автомобиля.

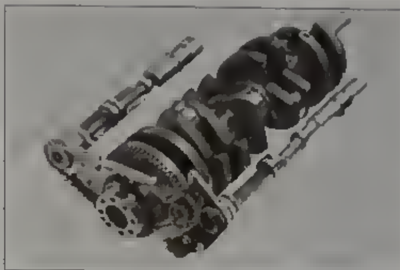


Рис. 2.12. **Балансирные валы двигателя GM Vortec 2004 г. располагаются рядом с коленчатым валом в блоке цилиндров и имеют возможность вращаться в разные стороны благодаря шестеренчато-цепному приводу. Для снижения шума используются гидравлический натяжитель и успокоители цепи**

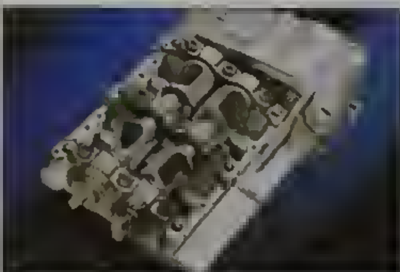


Рис. 2.13. **Компактные балансирные валы четырехцилиндрового двигателя BMW Valvetronic располагаются в поддоне картера**



Рис. 2.14. **Двигатель V10 произведенный компанией BMW для автомобилей Формулы–1**

Двигатели V10 (рис. 2.14), которые успешно применяются на гоночных автомобилях Формулы - 1, между рядами цилиндров имеют угол 72°. Такой двигатель недостаточно сбалансирован, но работает довольно равномерно из-за большого числа цилиндров.

БЛОК ЦИЛИНДРОВ

Блок цилиндров (рис. 2.15) и его головка — это самые крупные и тяжелые части двигателя, изготавливаемые с помощью литья с последующей механической обработкой. В двигателе с жидкостным охлаждением вокруг цилиндров располагаются каналы для прохода охлаждающей жидкости, которые образуют водяную рубашку. Цилиндры двигателей воздушного охлаждения обычно изготавливаются отдельно и имеют ребра для увеличения площади охлаждаемой поверхности (рис. 2.16).

Нижняя часть блока цилиндров обычно обрабатывается для установки в блок коренных подшипников коленчатого вала и для присоединения поддона картера. Большое значение имеет расстояние между соседними цилиндрами. Увеличение расстояния дает возможность повысить жесткость блока и обеспечить возможность увеличения в дальнейшем рабочего объема двигателя путем увеличения диаметра цилиндров (наиболее простой способ получения модификаций двигателей различной мощности). С другой стороны, это приводит к увеличению габаритных размеров двигателя и его массы. В последнее время некоторые производители автомобильных двигателей изготавливают блоки цилиндров, в которых соседние цилиндры соприкасаются стенками (так называемые сиамские блоки). Такой способ дает возможность получить довольно жесткую конструкцию при сравнительно небольшом размере. Жесткость блока цилиндров в значительной степени определяет шумовые характеристики двигателя.

Долгое время единственным материалом для изготовления блоков цилиндров служил чугун. Этот материал недорог, он обладает высокими прочностью и жесткостью при хороших литьевых качествах. Кроме того, обработанные хонингованием внутренние поверхности чугунных цилиндров обладают отличными антифрикционными свойствами и высокой износостойкостью. Существенными недостатками чугуна являются его большая масса и низкая теплопроводность. Стремление конструкторов к созданию более легких двигателей привело к разработке конструкции блоков цилиндров из алюминиевых сплавов. Алюминий значительно уступает чугуну в жесткости и износостойкости, поэтому блок из алюминия должен иметь большое количество ребер жесткости, а в качестве цилиндров обычно служат те же чугунные гильзы, которые вставляют-

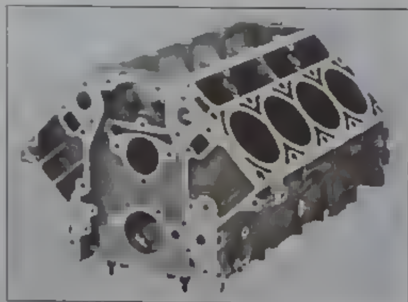


Рис. 2.15. **Алюминиевый блок цилиндров двигателя V8 с запрессованными «сухими» гильзами. В нижней части блока видна рама лестничного типа, с помощью которой крепится коленчатый вал**



Рис. 2.16. **Цилиндр и поршень двухтактного двигателя воздушного охлаждения**

ся в алюминиевый блок в процессе сборки, заливаются или запрессовываются в него при изготовлении (рис. 2.17). Если гильза цилиндра непосредственно омывается охлаждающей жидкостью, она называется «мокрой», а если нет — «сухой». Мокрые гильзы должны иметь надежное уплотнение с полостью охлаждения блока цилиндров.

Применение большого количества ребер жесткости и чугунных гильз в значительной мере сводит на нет преимущества от применения блоков цилиндров из алюминиевых сплавов. Использование в производстве современных технологий дает возможность изготовления легких «алюминиевых» двигателей, у которых блок цилиндров не имеет чугунных гильз (рис. 2.18). В рабочих поверхностях цилиндров в алюминиевых блоках электролити-



Рис. 2.17. **Блок цилиндров двигателя Nordstar GM с «сухой» гильзой. На разрезе хорошо видно, как вставлены в блок цилиндров «сухие» гильзы. Обратите внимание на выполненные в днищах поршней какавки, предохраняющие от касания поршня клапанами**

Рис. 2.18. **Двигатель Jaguar с алюминиевым блоком. Блок цилиндров этого компактного шестицилиндрового V-образного 24-клапанного двигателя, предназначенного для поперечной установки на автомобиль Jaguar X-type, полностью изготовлен из алюминиевого сплава**



Рис. 2.19. **Рама лестничного типа в блоке. Рамы лестничного типа заменяют привычные крышки коренных подшипников коленчатого вала в конструкции современных ДВС, придают высокую жесткость блоку цилиндров и продлевают жизнь коленчатому валу**

ческим путем создается повышенное содержание кремния, а затем цилиндры подвергаются химическому травлению для создания на рабочей поверхности цилиндров износостойкой пористой пленки чистого кремния, хорошо удерживающей смазку. Кроме того, особенно часто в двухтактных двигателях на алюминиевый цилиндр наносится слой хрома или кремний-никелевого сплава (никасил).

Жесткость алюминиевого блока цилиндров может быть повышена не только применением большого количества ребер жесткости, но и использованием специальных проставок лестничного типа в блоке (рис. 2.19). Такие проставки, соединенные с блоком, помимо значительного повышения жесткости самого блока, служат прочной основой для установки коренных подшипников коленчатого вала, что повышает его долговечность. Такая конструкция блока цилиндров становится нормой при производстве бензиновых двигателей современных легковых автомобилей. При производстве дизелей, в которых из-за высоких нагрузок и большой шумности требуется большая жесткость блока, часто применяют чугунные блоки цилиндров.

ГОЛОВКА БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

Головка блока цилиндров закрывает сверху цилиндры и крепится к блоку с помощью болтов или шпилек. Для того чтобы при сборке двигателя не произошло деформации головки блока, заворачивание крепежных элементов должно производиться с заданным усилием и в определенной последовательности. Головка блока обычно отливается из алюминиевого сплава (реже из чугуна). В ней полностью или частично располагаются камеры сгорания. Внутри головки выполняются впускные и выпускные каналы, каналы водяной рубашки для прохода охлаждающей жидкости и каналы смазочной системы. Каналы для подачи топливно-воздушной смеси или воздуха в цилиндры и выпуска отработавших газов проходят в каждую камеру сгорания и заканчиваются запрессованными в головку блока седлами клапанов, изготовленными из чугуна или других прочных материалов. В каждом цилиндре двигателя установлено, как минимум, по два клапана (впускной и выпускной). Клапаны прижимаются к седлам с помощью пружин. В головке блока цилиндров располагаются и другие детали газораспределительного механизма. Сверху головка блока закрывается крышкой, которая крепится к головке через прокладку. Крышка головки блока изготавливается из листовой стали или алюминиевого сплава.

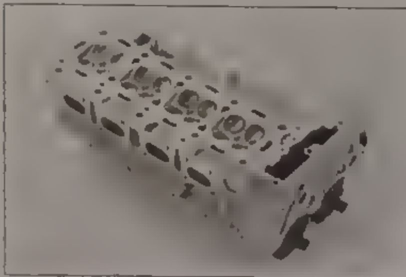


Рис. 2.20. **Головка блока четырехцилиндрового рядного двигателя с двумя распределительными валами и четырьмя клапанами на цилиндр**

Головки блока цилиндров двигателей современных автомобилей могут иметь довольно сложную конструкцию (рис. 2.20) и включать в себя большое количество деталей в зависимости от конструкции механизма газораспределения.

Поршень (рис. 2.21) имеет довольно сложную конструкцию, потому что он подвергается очень большим и непостоянным по величине нагрузкам.

Наружная поверхность направляющей части носит название юбки. Во время рабочего хода на поршень воздействует высокое давление расширяющихся при высокой температуре газов. С другой стороны, при работе двигателя, особенно на высоких оборотах, поршень подвергается большим знакопеременным инерционным нагрузкам. При нахождении поршня в ВМТ и НМТ его ускорение равно нулю, а затем поршень резко ускоряется и движется с большой скоростью, причем направление движения меняется сотни раз в секунду. Для уменьшения инерционных нагрузок необходимо максимально уменьшать массу поршня. В то же время он должен иметь высокую прочность, чтобы противостоять высокому давлению и нагреву при соприкосновении с горячими газами с последующим охлаждением при подаче в цилиндр холодного свежего заряда. В настоящее время поршни бензиновых и дизельных автомобильных двигателей изготавливают из алюминиевых сплавов. При производстве поршня в отливку в процессе изготовления часто закладывают стальные вставки, которые повышают его жесткость и препятствуют температурному расширению. Иногда стальную вставку располагают в канавке под верхнее компрессионное (наиболее нагруженное) поршневое кольцо.



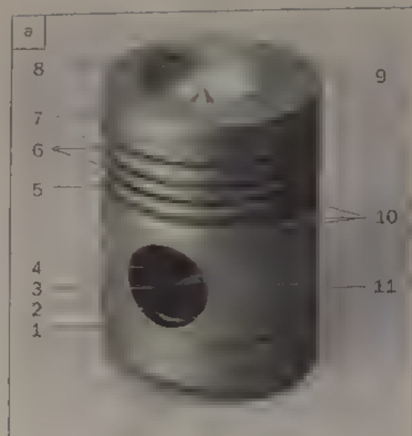
Рис. 2.21. **Поршни современных двигателей имеют тенденцию к уменьшению высоты юбки**



Рис. 2.22. **Рабочая поверхность юбки поршня двигателя Ford Duratec покрыта антифрикционным слоем. Разъем нижней головки шатуна выполнен по специальной технологии, с помощью местного разрыва, что обеспечивает исключительно точное совпадение сопрягаемых деталей**

При нагревании поршень расширяется. Для компенсации температурного расширения поршня при нагревании ему придают специальную форму. Юбка поршня в поперечной плоскости имеет форму овала, а не окружности. В продольной плоскости юбка поршня выглядит как усеченный конус. Части поршня с большой температурой или с большим объемом металла расширяются сильнее (например, часть юбки, где расположены бобышки), и при достижении рабочей температуры в двигателе поршень принимает форму цилиндра.

За время своего существования поршни претерпели значительные изменения конструкции. Если сравнить поршень двигателя



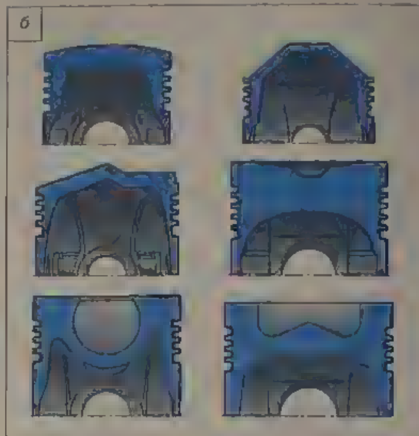


Рис. 2.23. **Поршень дизельного двигателя (а) грузового автомобиля и формы поршней разных двигателей (б)**: 1 — канавка нижнего маслосъемного кольца; 2 — проточка под стопорное кольцо поршневого пальца; 3 — внутренняя поверхность бобышки; 4 — отверстие для смазки поршневого пальца; 5 — канавка верхнего маслосъемного кольца; 6 — канавки компрессионных колец; 7 — головка поршня; 8 — камера сгорания в поршне; 9 — днище поршня; 10 — отверстия для отвода масла; 11 — юбка

современного автомобиля с его предшественником, можно заметить, что поршни стали значительно короче. Большая часть юбки (рис. 2.22) обрезается с каждой стороны, и остаются только две небольшие секции для того, чтобы предотвратить перекос поршня в цилиндре. Благодаря совершенству конструкции силы, воздействующие на поршень, сбалансированы таким образом, чтобы свести к минимуму тенденцию к повороту. Расстояние от днища поршня до верхней канавки под поршневое кольцо уменьшают с целью снижения возможности образования нагара в этой части. За счет уменьшения размеров сечений в конструкции поршня удалось значительно снизить его массу. Для уменьшения потерь на трение и повышения долговечности деталей КШМ на боковую поверхность поршня наносят слой антифрикционного материала, содержащего дисульфид молибдена или графит.

Днище поршня может быть плоским, выпуклым, вогнутым, иметь канавки, для того чтобы при полном открытии клапанов они не касались поршня. У дизельного двигателя (рис. 2.23) камера сгорания может быть выполнена в поршне.

Поршни двигателей с непосредственным впрыском топлива имеют особую форму, необходимую для обеспечения процесса сгорания топлива.

Поршневые кольца изготавливаются из специально модифицированного чугуна. В двигателях современных автомобилей используют несколько типов колец. Верхние компрессионные кольца служат для того, чтобы предотвратить прорыв газов в картер двигателя, а нижнее маслосъемное — контролирует количество масла на стенках цилиндра (стенки смазываются маслом, поступающим из картера в виде масляного тумана). Масло необходимо для предотвращения износа ЦПГ, но его излишки нежелательны. Поэтому следует подавать его больше, чем нужно, а излишки удалять с помощью маслосъемного кольца, работающего как скребок. Один из способов получения более компактных и легких поршней — выполнение колец более узкими и мелкими с компактным размещением их в верхней части головки поршня. При этом предъявляются повышенные требования к материалу, из которого они изготовлены, и к точности их изготовления.

Шатун является необходимым звеном между поршнем и коленчатым валом, обеспечивая передачу давления от сгорания горючей смеси во время рабочего хода, а также перемещение поршня во время других тактов. Таким образом, нагрузка на шатун постоянно изменяется в значительных пределах как по величине, так и по направлению. Шатун должен быть прочным, чтобы выдерживать максимальные усилия растяжения, и в то же время жестким, чтобы не изгибаться при сжатии. Жесткость при этом должна сочетаться с небольшой массой для уменьшения инерционных нагрузок. Поэтому стержни большинства шатунов делают двутавровыми в сечении. Наиболее распространенными являются стальные шатуны. Они или штампуются (для уменьшения стоимости), или изготавливаются ковкой (более дорогие, но прочные), но в обоих случаях обязательно подвергаются упрочнению, в том числе и закалке. В некоторых последних моделях используются шатуны из алюминиевых сплавов и проводятся эксперименты по применению шатунов из композитных материалов, когда алюминий упрочняется керамическими волокнами. В высокофорсированных двигателях спортивных автомобилей, как правило, используются шатуны из сплава титана.

Верхняя головка шатуна представляет собой втулку с цилиндрическим отверстием для соединения с поршнем с помощью поршневого пальца. Поршневой палец представляет собой стальной полый цилиндр, поверхность которого упрочняется в процессе производства и имеет высокий класс чистоты механической обработки для уменьшения концентраторов напряжений. Поршневой палец может иметь возможность проворачиваться как в головке шатуна, так и в бобышках поршня. В этом случае он фиксируется от продольного перемещения специальными стопорными кольцами, а между пальцем и внутренней поверхностью головки шатуна устанавливается втулка из антифрикционного материала. Такой поршневой палец называется «плавающим». Преимущество «плавающего» пальца — это его равномерный износ по окружности, а также большая надежность работы (на случай заклинивания в шатуне или в бобышках). Поршневые пальцы «неплавающего» типа запрессованы в верхней головке шатуна и проворачиваются только в бобышках поршня. В этом случае стопорные кольца и втулка не нужны и конструкция получается проще и легче. Нижняя головка шатуна должна быть разборной, чтобы иметь возможность соединения с шейкой коленчатого вала, а две части шатуна соединяются болтами. Сейчас многие фирмы не разрезают нижнюю головку шатуна, а подвергают закаленные шатуны контролируемому раскалыванию нижней головки. Иногда



Коленчатый вал (рис. 2.25) воспринимает усилия, передаваемые от поршней шатуном, и преобразует их в крутящий момент. Поэтому коленчатый вал должен быть прочным и жестким.

В качестве материала для коленчатого вала используют высокопрочный чугун и сталь. Чугунные валы изготавливают методом литья, а стальные — методом ковки. Рабочие поверхности коренных и шатунных шеек коленчатого вала подвергают упрочнению с помощью термической обработки и последующей шлифовке.

Коленчатый вал состоит из нескольких коренных шеек, соединенных щеками с шатунными шейками. Щеки коленчатого вала продолжаются в противоположном от шейки направлении, образуя противовесы. В некоторых двигателях грузовых автомобилей используют съемные противовесы, которые крепятся к коленчатому валу болтами. Коренные шейки всегда больше в диаметре, чем шатунные. Коленчатый вал будет более жестким, если коренные и шатунные шейки перекрывают друг друга при взгляде с торца вала. Очевидно, что намного легче добиться перекрытия шеек при короткоходном двигателе. Если по обеим сторонам от шатунной шейки расположены коренные шейки, коленчатый вал является полноопорным. В противном случае он неполноопорный и поэтому должен быть более жестким, а следовательно, более массивным, чтобы воспринимать значительные изгибающие и закручивающие усилия. Поэтому в современных двигателях в основном применяются полноопорные валы. В настоящее время редко применяют разборные коленчатые валы, хотя такая конструкция вала дает возможность применять шатуны с неразъемной нижней головкой. Переход от шейки к щеке является опасным с точки зрения концентрации напряжений, и поэтому его выполняют по радиусу. Такая конструкция уменьшает возможность появления трещин и последующего усталостного излома.

В качестве коренных и шатунных подшипников скольжения в настоящее время применяют разъемные, тонкостенные вкладыши. Вкладыши изготавливают из стальной ленты с нанесенным на нее слоем антифрикционного сплава. Для того чтобы установленные вкладыши не проворачивались в опорах коленчатого вала и головках шатунов, они имеют выступ, с помощью которого фиксируются в соответствующих канавках. Для предохранения коленчатого вала от осевых перемещений используются упорные подшипники скольжения.

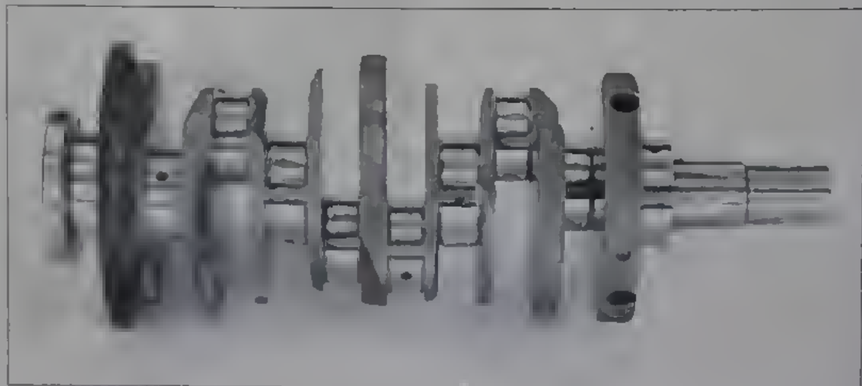


Рис. 2.25. **Коленчатый вал двигателя V6**

Внутри коленчатого вала, в щеках и шейках коленчатого вала просверлены отверстия для прохода масла. Подшипники коленчатого вала подвергаются значительным нагрузкам, и даже кратковременная работа двигателя без масла приводит к его выходу из строя, поэтому к шейкам коленчатого вала масло подается постоянно под давлением.

К заднему концу коленчатого вала крепится маховик. Маховик служит для уменьшения неравномерности работы двигателя, запасая энергию при рабочем ходе и отдавая ее при других тактах, а также выводит КШМ из мертвых точек. Маховик представляет собой массивный диск, выполненный из чугуна. На внешнюю цилиндрическую поверхность маховика напрессован зубчатый венец, обеспечивающий проворачивание коленчатого вала при пуске двигателя с помощью электрического стартера. У многоцилиндровых двигателей рабочий ход происходит одновременно в нескольких цилиндрах. У таких двигателей крутящий момент более равномерный и масса маховика может быть уменьшена.

Каким бы жестким ни был коленчатый вал, он подвергается крутильным колебаниям. Крутильные колебания можно представить как постоянное закручивание с последующим раскручиванием вала, что происходит при работе двигателя с определенной частотой. При совпадении частоты крутильных колебаний с частотой внешних сил может наступить резонанс, который приведет к резкому увеличению нагрузок, действующих на коленчатый вал, и, как следствие, к его поломке. Излом коленчатых валов (обычно в месте соединения щеки с коренной шейкой) был частой причиной выхода из строя двигателей старых конструкций. Современные коленчатые валы имеют высокую жесткость, и резонансные частоты находятся за пределами возможных частот вращения валов этих двигателей. Тем не менее в конструкции двигателей часто применяют гасители крутильных колебаний, которые снижают до нужного уровня виброактивность коленчатого вала. Наиболее распространенный способ: разделить шкив или диск, установленный на коленчатом вале, на внутреннюю и наружную части и соединить их упругим материалом, который поглощает вибрации за счет внутреннего трения.

Сейчас все большее распространение получают двухмассовые маховики, которые успешно выполняют функцию гасителя крутильных колебаний (рис. 2.26).

Прогресс в системах управления может внести дополнительные изменения в конструкцию двигателей. Сегодня разработаны новые тороидные стартер-генераторы (рис. 2.27), которые не только мгновенно и бесшумно пускают двигатель, но и дают возможность за счет электронного управления гасить всевозможные колебания и вибрации, а также обеспечивают возможность работы двигателя при экстремальных нагрузках. Подробнее о новых направлениях в системе электрооборудования будет сказано ниже (см. гл. 8).

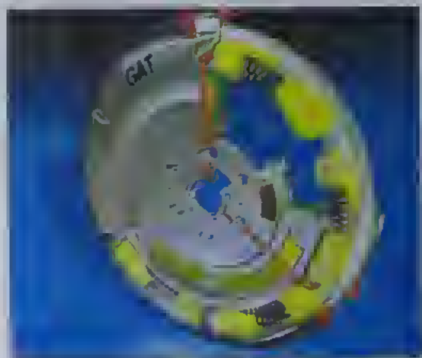


Рис. 2.26. **Двухмассовый маховик двигателя автомобиля Ford Mondeo**

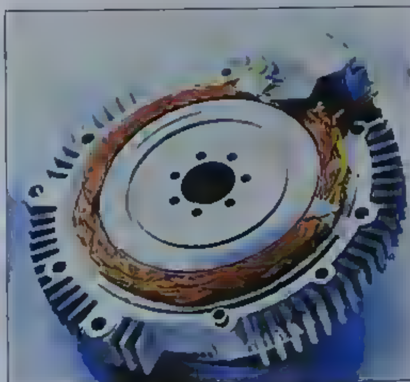


Рис. 2.27. **Тороидный стартер-генератор**

§ 9

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ

Газораспределительный механизм (ГРМ) обеспечивает очень важную функцию, а именно своевременную подачу в конкретные цилиндры двигателя горючей смеси или чистого воздуха (в зависимости от типа двигателя) и выпуска из этих цилиндров продуктов сгорания во время такта выпуска. Эти процессы происходят в соответствии с принятым для данного двигателя порядком работы цилиндров и фазами газораспределения. В четырехтактных двигателях внутреннего сгорания применяются в основном клапанные механизмы газораспределения.

КЛАПАНЫ

Для работы четырехтактного ДВС требуется как минимум по два клапана на цилиндр — впускной и выпускной. В настоящее время применяются клапаны тарельчатого типа со стержнем (рис. 2.28). Для улучшения наполнения цилиндра горючей смесью диаметр тарелки впускного клапана делается больше, чем у выпускного. Седла клапанов изготовленные из чугуна или стали, запрессовываются в головку блока цилиндров.

При работе двигателя клапаны подвергаются значительным механическим и тепловым нагрузкам, поэтому для их изготовления применяются специальные сплавы. Иногда для улучшения охлаждения клапанов высокофорсированных двигателей применяют клапаны с полым стержнем, который заполняется натрием. Натрий при рабочих температурах плавится и в расплавленном виде перетекает внутри клапана, перенося тепло от более нагретой тарелки клапана к стержню. Для лучшей очистки рабочей фаски от нагара и равномерной теплопередачи иногда применяются различные механизмы для вращения клапана.

ГРМ могут быть нижнеклапанными и верхнеклапанными, но в современных двигателях используются только верхнеклапанные ГРМ, когда клапаны располагаются в головке цилиндров. Клапан удерживается в закрытом состоянии с помощью пружины, а открывается при нажатии на стержень клапана. Клапанные пружины должны иметь определенную жесткость для гарантированного закрытия клапана при работе, но жесткость пружины не должна быть чрезмерной, чтобы не увеличивать ударной нагрузки на седло клапана. Иногда для уменьшения возможности резонансных колебаний используются пружины уменьшенной жесткости, но на один клапан устанавливается по две пружины. При использовании двух пружин они должны быть навиты в разные стороны, чтобы не произошло заклинивания клапана в случае поломки одной из пружин и попадания ее витка между витками другой пружины. Для снижения потерь на трение в ГРМ сейчас широко применяются ролики, размещаемые на рычагах и толкателях привода клапанов (рис. 2.29а, б).



Рис. 2.28. **Клапан**

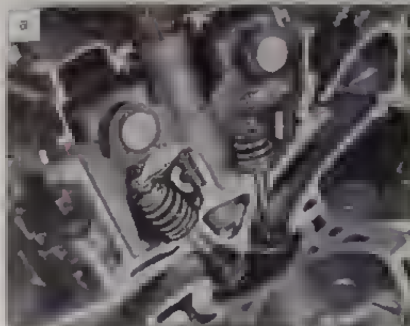




Рис. 2.29. **Замена трения скольжения трением качения путем применения в клапанном механизме роликов дает возможность уменьшить потери на привод клапанов**

При открытии (опускании) впускного клапана через кольцевой проход между тарелкой клапана и седлом проходит топливно-воздушная смесь (или воздух) и заполняет цилиндр. Чем больше будет площадь проходного сечения, тем полнее заполнится цилиндр, а следовательно, и выходные показатели этого цилиндра при рабочем ходе будут выше. Для лучшей очистки цилиндров от продуктов сгорания желательно также увеличить диаметр тарелки выпускного клапана. Размеры тарелок клапанов ограничены размером камеры сгорания, выполненной в головке цилиндров. Лучшее наполнение цилиндров и их очистка обеспечивают-



Рис. 2.30. **Четырехклапанная камера сгорания. Применение газораспределительного механизма с четырьмя клапанами на цилиндр в дизельном двигателе**

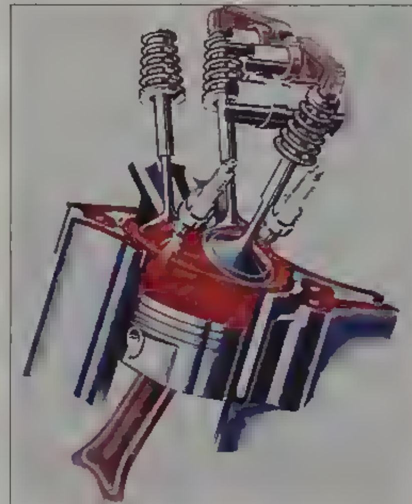


Рис. 2.31. **Трехклапанный ГРМ. Компания DaimlerChrysler утверждает, что ГРМ с двумя впускными, одним выпускным и двумя свечами зажигания обеспечивает незначительное количество вредных веществ в отработавших газах**

ся при использовании большего, чем два, числа клапанов на один цилиндр. Большинство современных двигателей имеет по два впускных и по два выпускных клапана на цилиндр (рис. 2.30), хотя встречаются трехклапанные (два впускных и один выпускной) системы и пятиклапанные (три впускных и два выпускных).

Впервые четыре клапана на цилиндр были использованы еще 1912 г. на двигателе автомобиля Peugeot Gran Prix. Широкое использование такой схемы на серийных легковых автомобилях началось только в 1970-е гг. Сейчас ГРМ с четырьмя клапанами на цилиндр стали практически стандартными для двигателей европейских и японских легковых автомобилей. Некоторые из двигателей Mercedes имеют по три клапана на цилиндр, два впускных и один выпускной, с двумя свечами зажигания (по одной с каждой стороны от выпускного клапана) (рис. 2.31). Двигатели некоторых автомобилей группы Volksvagen-Audi и ряд японских двигателей используют пять клапанов на цилиндр (три впускных и два выпускных), но при таком числе клапанов значительно усложняется их привод.

ПРИВОД КЛАПАНОВ

Впускные и выпускные клапаны открываются и закрываются в нужные моменты за счет кулачков, расположенных на распределительном вале или на двух валах: для впускных клапанов и для выпускных. Распределительный вал приводится в действие от коленчатого вала. Для привода распределительного вала могут использоваться шестерни, цепь или зубчатый ремень. Поскольку в четырехтактном двигателе каждый клапан открывается только один раз каждые два оборота двигателя, распределительный вал должен вращаться в два раза медленнее коленчатого вала. Кулачки могут воздействовать непосредственно на толкатели клапанов или через коромысла или рычаги. Направляющие втулки клапанов, изготовлены из чугуна, латуни, бронзы или спеченной порошковой композиции и запрессованы в головку блока цилиндров. Толкатели имеют цилиндрическую форму и выполнены из стали.

Чем меньше деталей в приводе клапанов, тем меньше масса ГРМ, а следовательно, меньше и силы инерции, мешающие быстрому увеличению оборотов двигателя. Наиболее эффективными в этом случае будут ГРМ с размещенным в головке цилиндров распределительным валом. Такие двигатели появились в массовом производстве в 1960-е гг. и получили название OHC (Overhead Camshaft), что означает верхнее расположение распределительного вала. Как альтернатива могут использоваться два распределительных вала, по одному для каждого ряда клапанов. Такие двигатели называются «двухвальные верхнеклапанные» DOHC (Double Overhead Camshaft) (рис. 2.32).

Ушли в прошлое нижнеклапанные ГРМ, в которых клапаны располагались не в головке цилиндров, а в блоке, рядом с камерой сгорания, и открывались снизу вверх с помощью простого толкателя от распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров рядом с коленчатым валом. В таком двигателе головка цилиндров получалась простой и плоской, но камера сгорания была очень неудачной формы. Такие двигатели выпускались до 50-х гг., а затем их заменили более эффективные верхнеклапанные.

До настоящего времени выпускаются двигатели, у которых клапаны расположены в головке цилиндров, а распределительный вал размещен в блоке. При такой схеме для привода коромысел клапанов требуются дополнительные толкатели и штанги толкателей. Такие двигатели принято обозначать OHV (Overhead Valve) — верхнеклапанный. Для привода распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров близко к коленчатому валу, можно использовать простую зубчатую передачу. Когда нужно выбрать привод для распределительных валов, находящихся в головке, приходится выбирать между цепью и зубчатым ремнем. Цепной привод надежнее и более долговечен, чем ременный, но требует смазки и, как след-

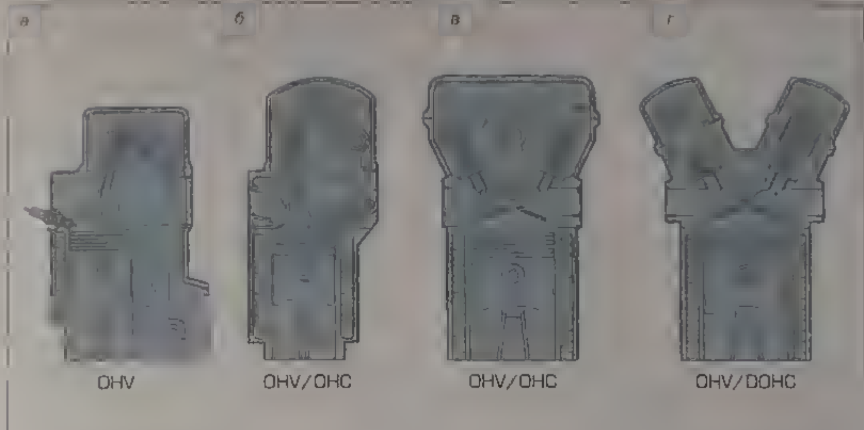


Рис. 2.32 а. **Конструктивные варнанты прнвода клапанов: а — прнвод клапанов с помощью штанг прн ннжнем расположеннн распределнтельного вала; б — привод клапанов рычажным толнателем; в — прнвод нлапанов двумя коромыслами от одного нулачна верхнего распределнтельного вала; г — непосредственный прнвод от распределительного вала через толнатель при верхнем расположенин нлапанов;** OHV — верхнеклапанная схема с нижним распределительным валом; OHC — верхнее расположение распределительного вала; DOHC — схема с двумя распределительными валами верхнего расположения

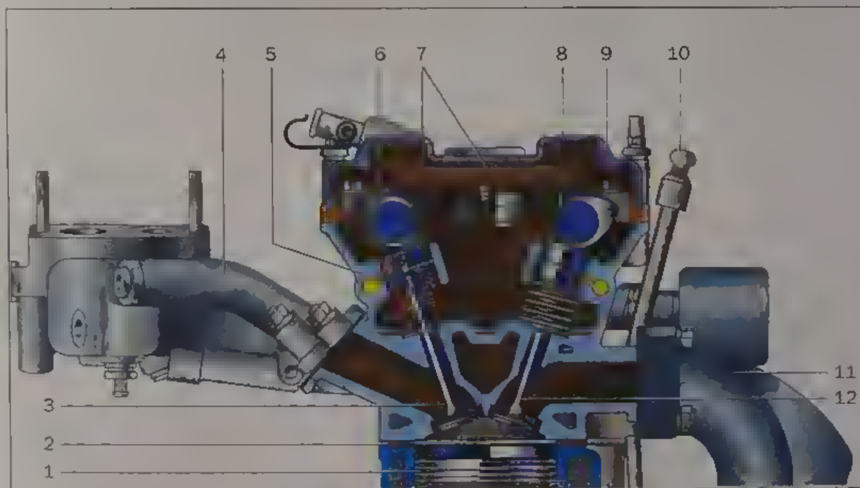


Рис. 2.32 б. **ГРМ двигателя ЗМЗ-4063**: 1 — поршень; 2 — прокладка головки блока цилиндров; 3 — впускной клапан; 4 — впускной трубопровод; 5 — головка блока цилиндров; 6 — распределительный вал впускных клапанов; 7 — гидротолкатели; 8 — распределительный вал выпускных клапанов; 9 — крышка головки блока цилиндров; 10 — масломерный щуп; 11 — выпускной коллектор; 12 — выпускной клапан

ствие, герметизации крышки, закрывающей привод. Цепь существенно тяжелее ремня и поэтому для нее требуется более качественное натяжение и устройство для гашения вибраций. Зубчатые ремни дешевле, но требуют более частого контроля и замены после определенного пробега. Лучшие образцы современных ремней ГРМ могут прослужить без замены более 150 000 км пробега автомобиля.

ТЕПЛОВЫЕ ЗАЗОРЫ В ПРИВОДЕ

При изменении температуры двигателя изменяются размеры всех его деталей. Это может привести к неполному закрытию клапанов, в результате чего двигатель теряет мощность, а клапаны со временем могут выйти из строя за счет обгорания их рабочей кромки. Для компенсации влияния меняющегося температурного режима двигателя в приводе клапанов всегда предусматривается так называемый температурный зазор. Износ деталей ГРМ приводит к необходимости периодической регулировки тепловых зазоров. Для регулировки зазоров в ГРМ устанавливают регулировочные винты в коромыслах или рычагах. Если клапаны управляются непосредственно от распределительного вала, установленного в головке, зазор обычно регулируется с помощью установки специальных прокладок определенной толщины под цилиндрический толкатель. Регулировка зазоров требует снятия по крайней мере крышки головки блока. Сегодня большинство двигателей оборудовано автоматическими гидравлическими компенсаторами, в которые под давлением подается моторное масло так, чтобы гарантировать нулевой зазор, — таким образом обеспечивается полное закрытие клапанов и снижается шум при работе двигателя. Польза от гидрокомпенсаторов особенно заметна в двигателях с четырьмя клапанами на цилиндр, потому что регулировка привода 16-и клапанов в четырехцилиндровом двигателе, не говоря уже о 32-х в двигателях V8, становится серьезной работой. Гидравлические толкатели весят существенно больше механических, стоят намного дороже, а также требовательны к качеству и полноте очистки масла. Например, на двигателе AJ-V8 автомобиля Jaguar было решено отказаться от использования гидротолкателей, но выбор точной конструкции и материалов позволили установить зазоры в приводе клапанов на весь срок службы, без необходимости их регулировки.

ФАЗЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Горючая смесь и отработавшие газы имеют определенную массу и обладают инерцией. Вследствие инерционного напора струи горючая смесь будет продолжать поступать в цилиндр через впускной клапан в процессе впуска даже когда поршень, достигнув НМТ, начнет двигаться вверх, в начале такта сжатия. Это обеспечивает лучшее наполнение цилиндра горючей смесью. Таким же образом можно заранее, в конце рабочего хода, открыть выпускной клапан, поскольку поршень уже получил основную энергию от сгоревшего топлива. А также необходимо успеть очистить цилиндр от отработавших газов. Закрыть выпускной клапан лучше после того, как поршень пройдет ВМТ в конце такта выпуска, потому что продукты сгорания по инерции будут еще некоторое время выходить из цилиндра.

Другими словами, клапаны не должны открываться и закрываться в моменты нахождения поршней в соответствующих мертвых точках. В частности, в реальных двигателях существует момент времени, когда одновременно открыты впускной и выпускной клапаны (приблизительно 50° по углу поворота коленчатого вала). Моменты открытия и закрытия клапанов выраженные в градусах поворота коленчатого вала называют фазами газораспределения, а их графическое изображение носит название диаграммы фаз газораспределения (рис. 2.33). Угол на диаграмме, соответствующий периоду одновременного частичного открытия впускных и выпускных клапанов, называют углом перекрытия клапанов. Так как вре-

мя перекрытия клапанов небольшое, то это не приводит к проникновению отработавших газов во впускной трубопровод, а наоборот, за счет инерции уходящего потока этих газов происходит дополнительный подсос горючей смеси в цилиндр и тем самым улучшается его наполнение.

При этом важно добиться, чтобы цилиндр очищался с максимально возможной степенью, но свежий заряд горючей смеси не уходил в выпускную трубу. У некоторых двигателей (особенно высокооборотных двигателей спортивных автомобилей) угол перекрытия клапанов может достигать большой величины, а если клапаны остаются открытыми на большую величину, когда поршень достигает ВМТ, может произойти удар клапанов в поршень, что приведет к аварии двигателя. Наличие перекрытия клапанов в НМТ (выпускной открывается раньше, чем поршень достигнет НМТ, а впускной позже) не представляет такой опасности, суммарный угол перекрытия всегда больше, чем в ВМТ, и часто бывает значительным, особенно в высокофорсированных двигателях.



Рис. 2.33. **Диаграмма фаз газораспределения**

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СТЕПЕНИ ОТКРЫТИЯ КЛАПАНОВ

Выбор фаз газораспределения — один из инженерных компромиссов. Для того чтобы получить максимальную мощность при высокой частоте вращения коленчатого вала, необходимо обеспечить существенное перекрытие клапанов в районе ВМТ, потому что мощность в наибольшей степени зависит от максимально возможного количества горючей смеси, попадающей в цилиндр за короткое время, но чем выше частота вращения коленчатого вала, тем меньше отводимое на это время. С другой стороны, при малых оборотах, когда не требуется максимальная мощность, лучше, когда угол перекрытия близок к нулю. Небольшое или нулевое перекрытие клапанов заставляет двигатель более чутко реагировать на изменение положения педали «газа», что очень важно при движении автомобиля в транспортном потоке.

В начале 1990-х гг. появились двигатели с автоматическими устройствами для изменения фаз газораспределения. Обычно в приводном шкиве (или звездочке) распределительного вала впускных клапанов размещается специальное устройство, которое имеет гидравлический привод от смазочной системы двигателя и может поворачивать распределительный вал относительно приводной звездочки (шкива) и, следовательно, относительно коленчатого вала (рис. 2.34).



Рис. 2.34. **Схема работы механизма изменения фаз газораспределения:** α° — диапазон изменения фаз газораспределения

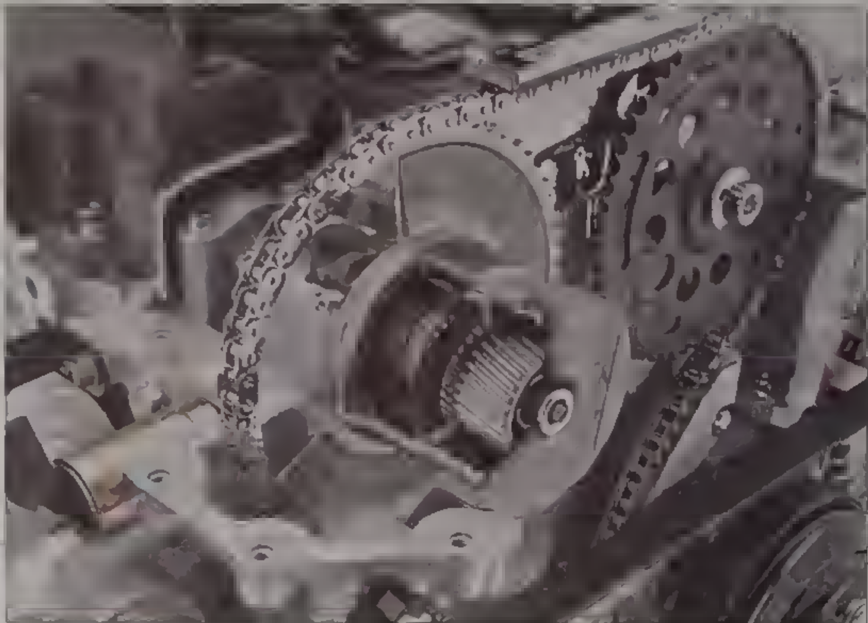


Рис. 2.35. **Механизм изменения фаз газораспределения проворачивает распределительный вал относительно звездочки привода**

При этом впускные клапаны могли открываться и закрываться раньше или позже. Изменение фаз открытия и закрытия впускных клапанов оказывает больший эффект, чем изменение аналогичных фаз выпускных клапанов. Первые устройства обеспечивали простое переключение в два положения, обеспечивая один угол перекрытия для малых оборотов двигателя, а другой — для высоких оборотов и нагрузки. Этого было достаточно для того, чтобы обеспечить хороший пуск, достаточный крутящий момент при сравнительно малых оборотах и нагрузках двигателя и возможность достижения большой мощности при высоких оборотах. Постепенно были разработаны устройства (рис. 2.35), которые могли изменять фазы газораспределения во всем диапазоне оборотов двигателя, а некоторые производители, такие как BMW, начали изменять фазы открытия-закрытия выпускных клапанов, в основном для того, чтобы снизить выбросы вредных веществ. Сегодня изменяемые фазы газораспределения VIVT (Variable Inlet Valve Timing) стали общепринятыми и появился целый ряд двигателей, оборудованных системой изменения фаз газораспределения во всем диапазоне.

В некоторых ГРМ имеется возможность отключать один из впускных клапанов в каждом цилиндре. Такое устройство используется компанией Honda в высокофорсированном двигателе CVT. Здесь не обеспечивается полное отключение клапана, а происходит его открытие на небольшую величину в целях исключения возможности его прихвата к седлу.

Альтернативной разработкой, впервые использовавшейся фирмой Toyota, а сейчас широко применяемой в двигателях с двумя впускными клапанами на цилиндр, стало простое закрытие одного из впускных патрубков с помощью автоматически управляемой заслонки. Обычно два впускных патрубка имеют разную форму: один, который всегда остается открытым, имеет форму, которая обеспечивает турбулизацию горючей смеси в камере сгорания, чтобы создать хорошо перемешанный поток, необходимый работе двигателя на малых оборо-

тах, и другой, короткий прямой патрубок, открывающийся при высоких оборотах и нагрузке обеспечивает максимально возможное наполнение цилиндров (рис. 2.36). Двигатели, имеющие устройства такого типа, получили название двигателей с изменяемой длиной впускных трубопроводов. Более сложные системы могут постоянно и плавно изменять длину впускных трубопроводов. Такую систему применяют на некоторых двигателях BMW (рис. 2.37).

Перспективными конструкциями ГРМ являются механизмы без распределительного вала, в которых клапаны управляются индивидуальными устройствами с помощью электромагнитных соленоидов. Использование такой техники дает возможность индивидуального контроля за работой каждого клапана. При этом можно не только оптимально управлять временем открытия каждого клапана и обеспечивать получение максимальных мощности или крутящего момента, но и отключать некоторые цилиндры полностью или переводить их на малую нагрузку для более эффективной работы остальных цилиндров. Можно переводить двигатель в режим компрессора, разгружая, таким образом, тормоза, и, возможно, запасая часть энергии при спуске с возвышенности (рекуперация). Но главное преимущество этой системы заключается в том, что время и степень открытия клапанов в любой момент времени могут быть оптимальными для работы двигателя при данных условиях движения. Сегодня уже созданы такие экспериментальные системы (рис. 2.38) с хорошей эффективностью действия (уменьшено потребление топлива до 20 %). Кроме того, конструкция самого двигателя может быть упрощена, потому что обычный привод — цепи, зубчатые ремни, механизм натяжения, шестерни и кулачковые валы — становятся ненужными.

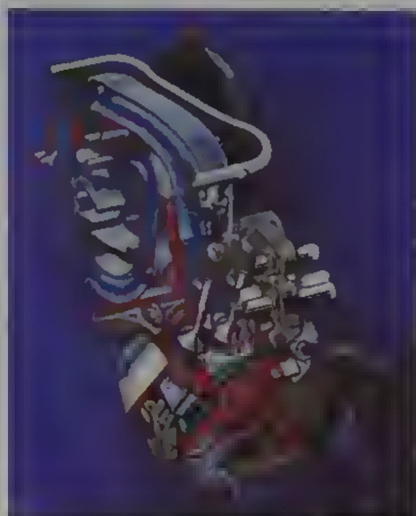


Рис. 2.36. **Схема механизма постоянного изменения длины впускного трубопровода двигателя Mercedes**



Рис. 2.37. **Устройство постоянного изменения длины впускного трубопровода двигателя V8 BMW**



Рис. 2.38. **Привод клапанов газораспределительного механизма с помощью соленоидов-электромагнитов (Renault)**

Препятствием на пути к широкому применению таких «бескулачковых» клапанных механизмов является большое потребление электроэнергии и большие габариты приводных устройств, получаемые при существующем 12-вольтовом электрооборудовании. Эти проблемы значительно уменьшаются в случае перехода к 36-вольтовому электрооборудованию.

§ 10

СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА

Для того чтобы двигатель внутреннего сгорания работал надежно, его трущиеся детали должны быть разделены масляной пленкой. Смазочная система двигателя подводит масло к трущимся поверхностям, охлаждает нагретые детали, удаляет нагар и продукты изнашивания и способствует защите деталей от коррозии. При работе ДВС его детали подвергаются различным нагрузкам и находятся в различных тепловых условиях. Наибольшим нагрузкам подвергаются подшипники коленчатого вала, а детали поршневой группы работают при наиболее высокой температуре. В современных ДВС применяют комбинированные смазочные системы, в которых некоторые детали смазываются под давлением, создаваемым масляным насосом, а другие разбрызгиванием или самотеком.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАСЛА

Масла, применяемые в смазочной системе ДВС, называются моторными. Моторному маслу приходится работать в очень сложных условиях, и поэтому к нему предъявляются жесткие требования, часто противоречащие друг другу. Масло не должно быть очень густым, чтобы не создавать большого сопротивления движущимся деталям. С другой стороны, оно не должно становиться очень жидким и терять смазывающие свойства при нагревании. Масло, работающее в двигателе, подвергается воздействию агрессивных веществ, содержащихся в продуктах сгорания топлива, вспенивается и т. п.

Современные моторные масла изготавливаются на нефтяной или синтетической основе и содержат большое число добавок: улучшающих антифрикционные свойства, смывающих нагар, антиокислительных, антипенных, антикоррозионных и т. п. Моторные масла при длительной работе в смазочной системе ДВС теряют свои свойства и подлежат замене после определенного пробега автомобиля. Тип применяемого масла и сроки его замены указываются в инструкции по эксплуатации автомобиля. Качество моторных масел и конструкция двигателей улучшаются с каждым годом, поэтому в современных двигателях замена масла производится, как правило, реже, чем раньше.

УСТРОЙСТВО СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ

В типичной смазочной системе (рис. 2.39) масло заливается через маслозаливную горловину в поддон картера до определенного уровня. Уровень маслв контролируется с помощью масломерного щупа, на котором нанесены две метки — максимального и минимального уровня. При работе двигателя масло засасывается из поддона двигателя масляным насосом через маслозаборник с сетчатым фильтром, предотвращающим попадание в насос крупных частиц. Из насоса масло под давлением подается в масляный фильтр, где

очищается от механических примесей и проходит в главную масляную магистраль — канал, просверленный в картере блока цилиндров. От главной масляной магистрали ответвляются каналы, по которым масло поступает к коренным подшипникам коленчатого вала, опорам распределительного вала и другим деталям. К шатунным шейкам коленча-

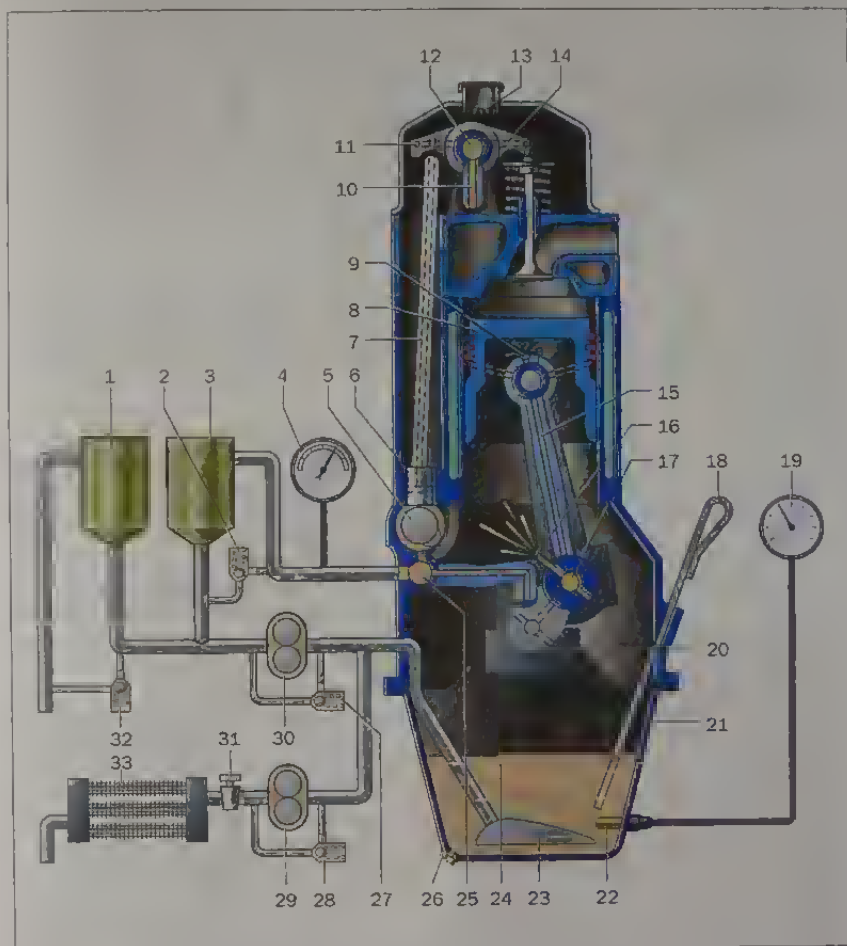


Рис. 2.39. **Принципиальная схема смазочной системы:** 1,3 — фильтрующие элементы; 2, 27, 28, 32 — перепускные клапаны; 4 — манометр; 5 — распределительный вал; 6 — толкатель; 7 — штанга; 8 — поршень; 9 — распылитель; 10, 24 — сверление в блоке; 11, 14 — сверление в коромысле; 12 — полость оси коромысел; 13 — сетчатый фильтр; 15 — сверление в шатуне; 16 — распылитель в нижней головке шатуна; 17 — сверление в шейках коленчатого вала; 18 — щуп; 19 — термометр; 20 — коренной подшипник; 21 — поддон; 22 — температурный датчик; 23 — маслозаборник; 25 — главная масляная магистраль; 26 — сливная пробка; 29, 30 — масляный насос; 31 — кран; 33 — масляный радиатор

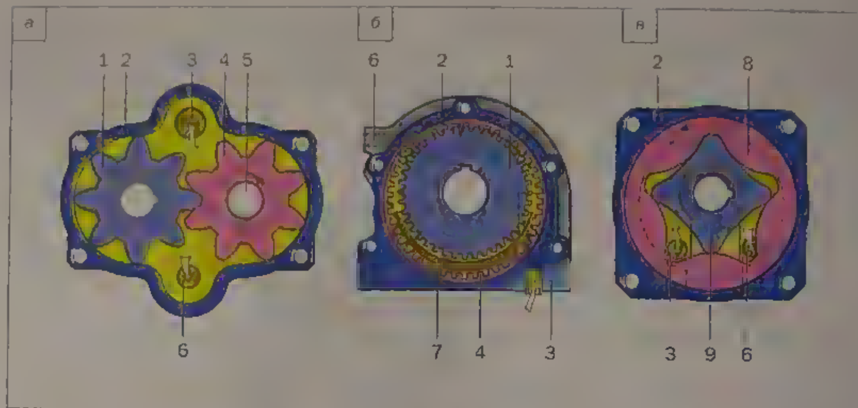


Рис. 2.40. **Схемы масляных насосов: а — шестеренный с наружным зацеплением; б — шестеренный с внутренним зацеплением; в — роторный;** 1 — ведущая шестерня; 2 — корпус насоса; 3 — всасывающий канал; 4 — ведомая шестерня; 5 — ось; 6 — нагнетательный канал; 7 — разделительный сектор; 8 — ведомый ротор; 9 — ведущий ротор

того вала масло поступает через отверстия, просверленные в коленчатом вале. В некоторых двигателях в нижней головке шатуна имеется канал, по которому масло подается для смазки поршневого пальца. Для подачи масла на рабочую поверхность цилиндра иногда выполняют сверление в нижней головке шатуна, из которого, при совпадении отверстий в шатунной шейке и головке шатуна, масло попадает на зеркало цилиндра, а иногда для этого используются специальные форсунки.

Вытекающее через зазоры в подшипниках масло разбрызгивается движущимися деталями КШМ и ГРМ и в виде капель и масляного тумана попадает на другие детали механизмов двигателя. Из полости головки блока цилиндров под действием силы тяжести масло стекает обратно в поддон, смазывая при этом детали привода ГРМ.

Масляный насос (рис. 2.40) может приводиться в действие от коленчатого вала двигателя, распределительного вала или дополнительного приводного вала. Обычно применяют масляные насосы шестеренного типа с наружным или внутренним зацеплением шестерен. Насосы с внутренним зацеплением более компактны и приводятся непосредственно от коленчатого вала, поэтому они широко применяются в двигателях легковых автомобилей.

Шестеренные масляные насосы с увеличением частоты вращения могут создавать очень высокое давление и подавать больше масла, чем это необходимо для работы двигателя. Поэтому на выходе из насоса устанавливается редукционный клапан, который открывается, когда давление превышает заданную величину и перепускает масло обратно во впускную полость насоса.

Падение давления масла в смазочной системе может привести к быстрому выходу двигателя из строя, поэтому оно контролируется специальным датчиком, установленным в масляной магистрали. Электрический сигнал от датчика поступает к указателю давления масла, установленному на приборной панели, или к контрольной лампе аварийного давления. В некоторых двигателях сигнал от датчика давления используется электронным блоком управления, который может отключить двигатель в случае опасного снижения давления масла. В отдельных конструкциях применяют датчики и для контроля уровня масла в поддоне картера (рис. 2.41).

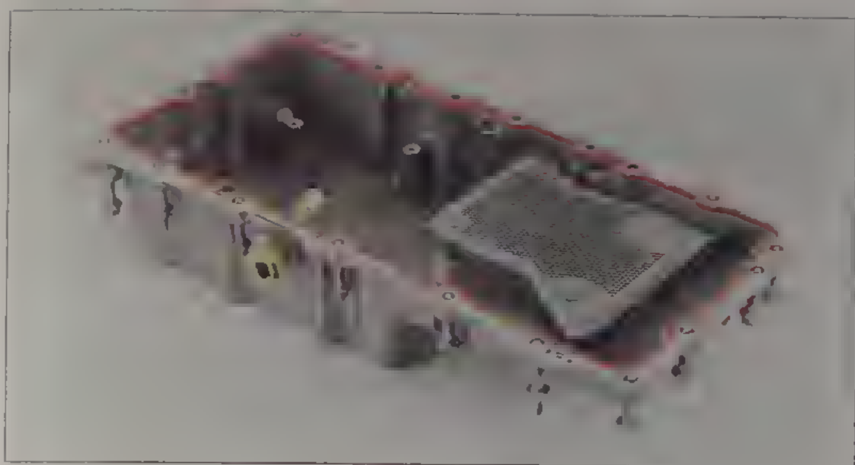


Рис. 2.41. **В поддоне картера современного двигателя установлен датчик контроля уровня масла**

В двигателях многих грузовых автомобилей используются двухсекционные масляные насосы для разделения потоков масла. Для охлаждения масла могут использоваться масляные радиаторы или водомасляные теплообменники. Масляный радиатор обдувается воздухом, который охлаждает протекающее через него масло; теплообменник отдает тепло от масла в охлаждающую жидкость. При включении масляного радиатора может произойти падение давления в основных магистралях смазочной системы. Чтобы этого не произошло, перед входом в радиатор устанавливают предохранительный клапан.

Масляный фильтр (рис. 2.42) служит для очистки масла от твердых частиц продуктов изнашивания деталей двигателя, нагара и т. п. Загрязненное масло вызывает ускоренное изнашивание двигателя и засоряет каналы смазочной системы.

Масляные фильтры называют полнопоточными, если через них проходит все масло, и неполнопоточными, если через них проходит только его часть. Неполнопоточные фильтры применяют как дополнительные к основным — полнопоточным для более тонкой очистки масла. Масляный фильтр может быть сменным, и его нужно заменять новым при каждой замене масла или иметь сменный только фильтрующий элемент. В большинстве двигателей легковых автомобилей применяют полнопоточные сменные фильтры (рис. 2.43), хотя встречаются конструкции, в которых заменяют только фильтрующий элемент.



Рис. 2.42. **Масляный фильтр со сменным фильтрующим элементом**



Рис. 2.43. **Сменный масляный фильтр**

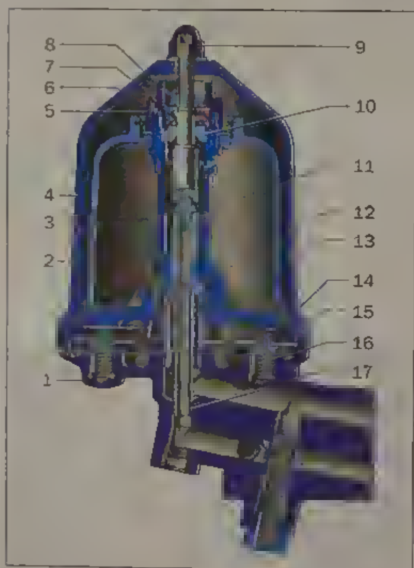


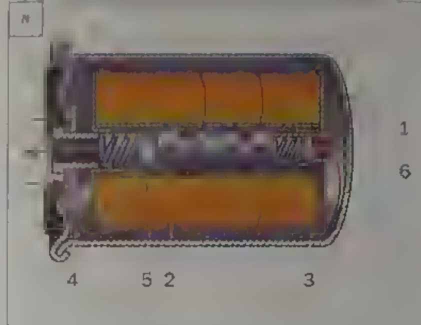
Рис. 2.44. **Конструкция центробежного масляного фильтра (центрифуги):** 1 — корпус; 2 — колпак ротора; 3 — ротор; 4 — колпак фильтра; 5 — гайка крепления колпака ротора; 6 — упорный шарикоподшипник; 7 — упорная шайба; 8 — гайка крепления ротора; 9 — гайка крепления колпака фильтра; 10 — верхняя втулка ротора; 11 — ось ротора; 12 — экран; 13 — нижняя втулка ротора; 14 — палец стопора; 15 — пластина стопора; 16 — пружина стопора; 17 — трубка отвода масла

В смазочных системах грузовых автомобилей часто применяют по два фильтра: один — полнопоточный со сменным фильтрующим элементом, второй — неполнопоточный центробежный (центрифуга) (рис. 2.44).

Центробежный фильтр (центрифуга) приводится в действие за счет реактивных сил масла, вытекающего под давлением из специальных сопел (жиклеров), направленных в разные стороны. Вращающийся с большой скоростью вместе с соплами колпак, находящийся внутри корпуса фильтра, заполнен маслом, из которого за счет центробежных сил удаляются твердые частицы, которые оседают на внутренней поверхности колпака. Центробежные фильтры очень хорошо очищают масло, но только по массовому признаку. Например, частицы сажи ими улавливаются плохо, т. к. массы сажи и масла близки по величине.

Фильтрующие элементы полнопоточных фильтров (рис. 2.45) изготавливают из пористого материала (бумаги, пористого картона, синтетических материалов). В случае засорения пор фильтрующего элемента его пропускная способность ухудшается. Для того чтобы в главной масляной магистрали не произошло падения давления масла, внутри фильтра имеется перепускной клапан. Перепускной клапан открывается при определенном значении давления внутри фильтра и обеспечивает проход масла в двигатель, минуя фильтрующий элемент.

Следует отметить, что лучше подавать в двигатель неочищенное масло, чем допустить падение давления в системе смазки. Перепускной клапан может открываться также в случае чрезмерного загустевания масла при холодном пуске двигателя. Имеются конструкции фильтров, в которых установлены два перепускных клапана. Иногда используются специальные датчики, сигнализирующие о засорении масляного фильтра. Дренажный клапан, установленный на входе в фильтр препятствует вытеканию масла из фильтра после остановки двигателя, чтобы при последующем пуске не терялось время на заполнение корпуса фильтра и двигатель не испытывал масляного голодания.



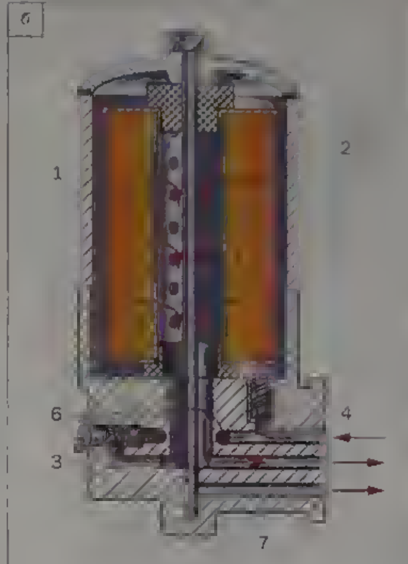
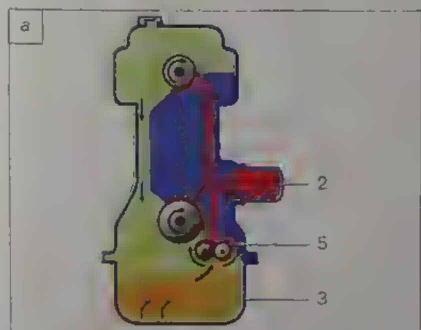


Рис. 2.45. **Устройство неразборного (а) и разборного (б) полнопоточного объемно-адсорбирующего масляного фильтра:** 1 — корпус; 2 — штора (фильтрующий элемент); 3 — перепускной клапан; 4 — противодренажный клапан; 5 — противосливной клапан; 6 — путь масла при открытии перепускного клапана; 7 — канал слива масла в картер при замене фильтрующего элемента

СИСТЕМЫ СМАЗКИ С СУХИМ КАРТЕРОМ

В некоторых высокофорсированных двигателях спортивных автомобилей, а также тракторов и специальных автомобилей, применяются системы смазки с сухим картером (рис. 2.46). Использование таких систем гарантирует, что при резких маневрах на большой скорости или наклонах транспортного средства масло не переместится к одной из его стенок и маслозаборник не окажется выше уровня масла. Стекающее в поддон масло в двигателях с сухим картером постоянно выкачивается дополнительным масляным насосом в специальный масляный бак. Из этого бака масло затем подается под давлением в систему смазки двигателя.



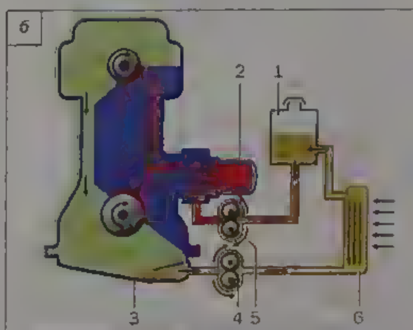


Рис. 2.46. **Системы смазки обычная (а) и с сухим картером (б):** 1 — емкость для масла (масляный бак); 2 — масляный фильтр; 3 — поддон картера; 4 — отсасывающий масляный насос; 5 — масляный насос; 6 — масляный радиатор

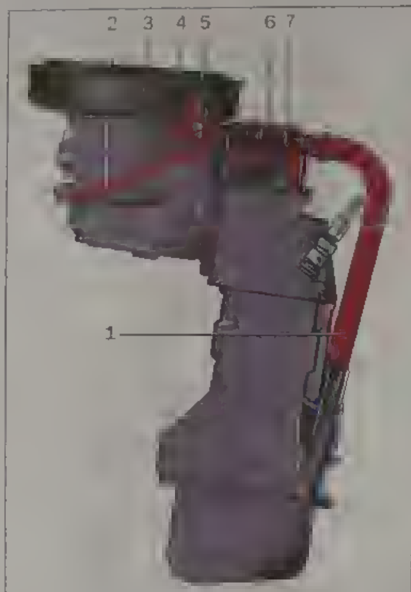


Рис. 2.47. **Схема принудительной системы вентиляции картера**: 1, 2, 5 — вытяжные шланги; 3 — карбюратор; 4 — воздушный фильтр; 6 — сетка маслоотделителя; 7 — корпус маслоотделителя

При работе двигателя через поршневые кольца прорываются газы и попадают в картер двигателя, поэтому эти газы называются — картерными. Они состоят из продуктов сгорания и частиц несгоревшего топлива. Соединяясь с парами воды, имеющимися в воздухе, картерные газы образуют агрессивные кислоты, которые вызывают коррозию деталей двигателя, вступают в реакцию с маслом и ухудшают его свойства. Кроме того, прорвавшиеся газы повышают давление в картере, что может привести к нарушению уплотнений и выдавливанию масла из двигателя. Для удаления этих газов служит система вентиляции картера.

Самым простым способом вентиляции картера является удаление газов в атмосферу — так называемая открытая система. На автомобилях ее широко применяли в прежние годы, но т. к. картерные газы являются очень токсичными, то в современных двигателях применяют только закрытые принудительные системы вентиляции картера (рис. 2.47). В этих системах картерные газы направляются в камеры сгорания, через впускной трубопровод.

§ 11

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

Во время работы двигателя внутреннего сгорания происходит большое выделение тепла (температура газов в камере сгорания в момент воспламенения смеси доходит до 2 500 °С). В процессе сгорания происходит интенсивный нагрев цилиндров, поршней, головки блока и других деталей. На нагрев деталей двигателя расходуется около 20–35 % энергии, выделяющейся при сгорании топлива. Перегрев вызывает снижение мощности двигателя, большое температурное расширение металлических деталей, масло на многих движущихся деталях двигателя выгорает, что может привести к заклиниванию поршней в цилиндрах, обгоранию клапанов, выплавлению подшипников и последующей аварии двигателя, поэтому излишки тепла нужно принудительно отводить от нагретых деталей — другими словами, двигатель нужно охлаждать. При охлаждении двигателя необходимо учитывать, что при изменении режимов его работы, частоты вращения и нагрузки происходит изменение интенсивности нагрева. Чрезмерное переохлаждение двигателя также нежелательно, потому что это приводит

к ухудшению топливной экономичности и повышенному износу движущихся деталей двигателя из-за того, что присадки в масле «работают» только при достижении определенной температуры. Следовательно, двигатель должен иметь систему охлаждения, которая бы поддерживала оптимальный тепловой режим.

Тепло от нагретых частей двигателя можно принудительно отводить потоком воздуха или жидкости. Существуют две системы охлаждения ДВС: воздушная и жидкостная. Воздушная система охлаждения успешно применяется в двигателях мопедов, мотоциклов, газонокосилок и сравнительно маломощных двигателях автомобилей. Двигатели с воздушной системой охлаждения легче, компактнее и проще в обслуживании.

На автомобилях наибольшее распространение получили системы жидкостного охлаждения (рис. 2.48). По сравнению с системами воздушного охлаждения, они обеспечивают более равномерное и эффективное охлаждение и являются менее шумными. Кроме того, жидкостная система охлаждения дает возможность создать простую и эффективную систему отопления салона (кабины) автомобиля. В современных двигателях с жидкостной системой охлаждения применяются антифризы — жидкости с низкой температурой замерзания. Большинство антифризов представляет собой смесь воды с этиленгликолем. Кроме этих двух составляющих, в состав антифриза входят различные присадки: антикоррозионные, антипенные и др.

Блок цилиндров и головка блока двигателя с жидкостной системой охлаждения имеют каналы для прохода охлаждающей жидкости. Такой канал называется рубашкой охлаждения.

Рубашка охлаждения соединяется эластичными патрубками с радиатором, который служит для охлаждения нагретой жидкости и является теплообменником. В нем тепло от жидкости передается воздуху, проходящему через сердцевину радиатора. Рубашка охлаждения и радиатор заполняются охлаждающей жидкостью через заливную горловину, закрывающуюся пробкой. В пробке имеются специальные клапаны, через которые система охлаждения сообщается с атмосферой. Такая система называется закрытой. В закрытой системе охлаждения поддерживается избыточное давление (до 100 кПа). Оптимальным температурным режимом двигателя является такой, при котором температура охлаждающей жидкости находится в пределах 80–110 °С. Повышенное давление в системе охлаждения поднимает температуру кипения до 120 °С, вследствие чего происходит меньшее выкипание жидкости.

Антифризы меняют свой объем при изменении температуры: при нагревании объем увеличивается, а при охлаждении уменьшается. Для компенсации температурного изменения объема служит расширительный бачок, подключаемый к системе охлаждения.

При работе двигателя охлаждающая жидкость принудительно циркулирует в системе охлаждения с помощью насоса, который приводится в действие от коленчатого вала или от электродвигателя. Охлаждающая жидкость соприкасается с нагретыми стенками цилиндров и головками блока, после чего поступает в радиатор. Движение воздуха через радиатор обеспечивается встречным напором при движении автомобиля и принудительно с помощью вентилятора.

Для того чтобы система охлаждения обеспечивала оптимальный температурный режим и быстрый прогрев двигателя после пуска, в контур циркуляции жидкости включают специальное устройство — термостат. В термостате имеется клапан, управляемый теплочувствительным элементом.

Пока жидкость в системе охлаждения холодная, клапан термостата закрыт и жидкость циркулирует по так называемому малому кругу циркуляции — от насоса по рубашке охлаждения, минуя радиатор. Поскольку жидкость не попадает в радиатор и не охлаждается в нем, она быстро нагревается. Когда температура жидкости поднимается до оптимальной, клапан термостата открывается и жидкость начинает проходить через радиатор и охлаждаться в нем (большой круг циркуляции). Проходное сечение термостата изменяется при изменении температуры, и это дает возможность в определенных пределах автоматически регулировать температурный режим двигателя.



Рис. 2.48. **Схема жидкостной системы охлаждения двигателей ЗМЗ-402 и УМЗ-4215**: I — с одним отопителем; II — с двумя отопителями и электронасосом (для фургонов с двумя рядами сидений и автобусов); 1 — расширительный бачок; 2 — термостат; 3 — датчик указателя температуры охлаждающей жидкости; 4 — радиатор; 5 — сливная пробка (кран) радиатора; 6 — вентилятор; 7 — ремень привода вентилятора; 8 — ремень привода насоса охлаждающей жидкости; 9 — насос охлаждающей жидкости; 10 — сливной кран блока цилиндров; 12 — электронасос системы отопления; 11; 13 — кран отопителя; 14 — радиатор дополнительного отопителя; 15, 16 — радиатор основного отопителя; 17 — основной клапан термостата; 18 — байпасный клапан

Радиатор состоит из двух бачков, между которыми находятся соединительные трубки. Бачки могут изготавливаться из цветного сплава или из пластмассы. Они располагаются сверху и снизу радиатора или по его бокам (рис. 2.49).

Для того чтобы радиатор эффективно отдавал тепло, необходимо выполнение двух условий: трубки радиатора должны быть выполнены из материала, который имеет хорошую теплопроводность, и радиатор должен иметь достаточную площадь поверхности. Раньше радиаторы изготавливали из меди и сплавов на ее основе, т. к. медь имеет высокую теплопроводность и коррозионную стойкость. Трубки, которые, как правило, имели плоскую форму, припаивались к бачкам. Для увеличения теплоотдачи (увеличения площади поверхности) между трубками устанавливались гофрированные металлические ленты.

Современные радиаторы, как правило, изготавливают из алюминиевых сплавов, с пластмассовыми бачками, которые прижаты к трубкам радиатора через резиновые прокладки. Такие радиаторы дешевле, легче, технологичнее в производстве, но плохо ремонтируются в случае повреждения.

Заливная горловина системы охлаждения, которая может располагаться на радиаторе или расширительном бачке, закрывается **пробкой** с двумя клапанами: паровым и воздушным (рис. 2.50).

Паровой клапан, прижимаемый к седлу горловины пружиной, предохраняет систему от повреждения в случае чрезмерного повышения давления. Если охлаждающая жидкость перегревается и закипает, то за счет избыточного давления преодолевается сопротивление пружины клапана, клапан открывается и пар выходит наружу. При охлаждении двигателя давление внутри системы может упасть ниже атмосферного, что может привести к повреждению тонких трубок радиатора. В этом случае открывается воздушный клапан пробки и в систему поступает воздух из атмосферы.

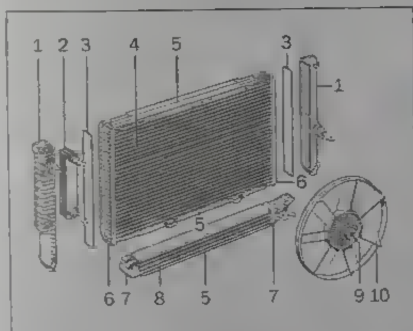


Рис. 2.49. **Радиатор системы охлаждения двигателя легкового автомобиля с автоматической коробкой передач:** 1 — бачок радиатора; 2 — охладитель жидкости автоматической трансмиссии; 3 — прокладка; 4 — радиатор системы охлаждения; 5 — боковая соединительная скоба; 6 — основание каркаса; 7 — бачок масляного радиатора; 8 — масляный радиатор; 9 — муфта VISCO; 10 — вентилятор

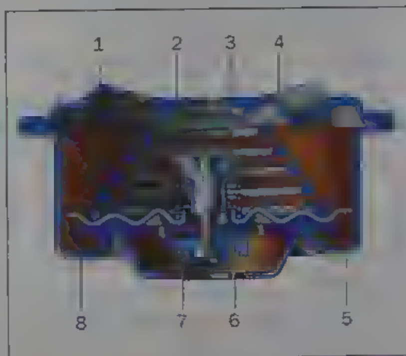


Рис. 2.50. **Устройство пробки радиатора системы охлаждения:** 1 — крышка; 2 — пружина впускного клапана; 3 — стержень впускного клапана; 4 — пружина выпускного клапана; 5 — тарелка пружины выпускного клапана; 6 — выпускной клапан; 7 — впускной клапан; 8 — корпус пробки

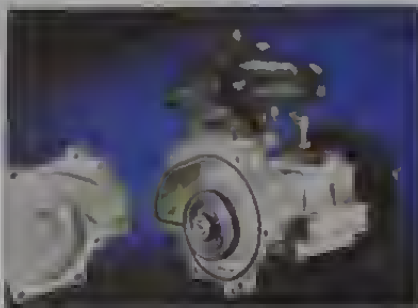


Рис. 2.51. **Центробежный насос системы охлаждения четырехцилиндрового двигателя Valvetronic BMW объединен в один узел с насосом гидроусилителя и корпусом термостата**



Рис. 2.52. **Устройство термостата с твердым наполнителем:** 1 — нижняя рамка; 2 — верхняя рамка; 3 — регулировочный винт; 4 — шток; 5 — резиновая буфер-мембрана; 6 — седло основного клапана; 7 — основной клапан; 8 — пружина; 9 — капсула; 10 — направляющее кольцо; 11 — перепускной клапан; 12 — упругое кольцо; 13 — поджимная пружина; 14 — седло перепускного клапана

Для обеспечения интенсивной циркуляции охлаждающей жидкости в системе используется **насос** центробежного типа (рис. 2.51). Основу насоса составляет крыльчатка, установленная на вале, который вращается в подшипниках и приводится в действие от коленчатого вала двигателя или от электродвигателя. Крыльчатка вращается в полости, имеющей каналы для подвода и отвода жидкости. В центробежных насосах жидкость подводится к центру крыльчатки, переносится лопастями по окружности и отбрасывается центробежной силой наружу.

Особое внимание в конструкции жидкостных насосов уделяется уплотнению и герметизации, чтобы жидкость не могла вытечь из системы или повредить подшипники.

Термостат (рис. 2.52) способствует ускорению прогрева двигателя и регулирует количество охлаждающей жидкости, проходящей через радиатор. Термостат устанавливается в патрубке или канале, соединяющем радиатор с рубашкой охлаждения.

Внутри термостата закреплен металлический баллон с твердым наполнителем — церезином (кристаллический воск) и медными опилками. Баллон герметично закрыт резиновой мембраной. При нагревании церезин расплавляется и увеличивает свой объем. (медные опилки нужны для лучшей теплопроводности). Мембрана прогибается и перемещает шток, управляющий клапаном термостата. Когда двигатель холодный, клапан термостата закрыт. При нагревании охлаждающей жидкости до температуры свыше 70 °С шток термочувствительного элемента начинает открывать клапан, позволяя части жидкости проходить в радиатор, а если температура поднимается выше 80 °С, клапан открывается полностью, и вся жидкость начинает циркулировать по большому кругу.

Вентилятор служит для повышения скорости прохождения воздуха через радиатор с целью улучшения охлаждения. Вентилятор обычно располагают за радиатором в специальном направляющем кожухе. Вентиляторы системы охлаждения могут иметь различный привод. Самый простой привод — постоянный, с помощью ременной или другой передачи от коленчатого вала двигателя, но га



Рис. 2.53. **Привод вентилятора дизеля V8 Duramax производства GM осуществляется с помощью вязкостной муфты**

кой способ — самый неэффективный. Любой вентилятор забирает часть мощности двигателя, и поэтому, если температура охлаждающей жидкости не превышает оптимального значения, вентилятор можно отключить.

В современных автомобилях широко применяются вентиляторы с электроприводом. Электродвигатель такого вентилятора включается только в том случае, если электрический датчик температуры, установленный в системе охлаждения, сигнализирует о превышении температуры выше определенного значения. В наиболее совершенных системах охлаждения работой вентилятора управляет процессор, который не только дает команду на включение-выключение вентилятора, но и регулирует частоту его вращения в зависимости от режима работы.

В системах охлаждения большого числа двигателей современных легковых автомобилей используются вентиляторы с вязкостной муфтой (рис. 2.53).

Ступица такого вентилятора имеет постоянный привод от вала двигателя, а лопасти соединяются со ступицей через муфту, внутри которой находится специальная жидкость, которая увеличивает свою вязкость при увеличении температуры. Если воздух, проходящий через радиатор, имеет низкую температуру, между ступицей и лопастями нет жесткой связи. По мере нагревания воздуха вязкость жидкости повышается и муфта начинает блокироваться, а при температуре воздуха 80 °С происходит полная блокировка муфты и лопасти вентилятора вращаются с максимальной частотой при данных оборотах коленчатого вала.

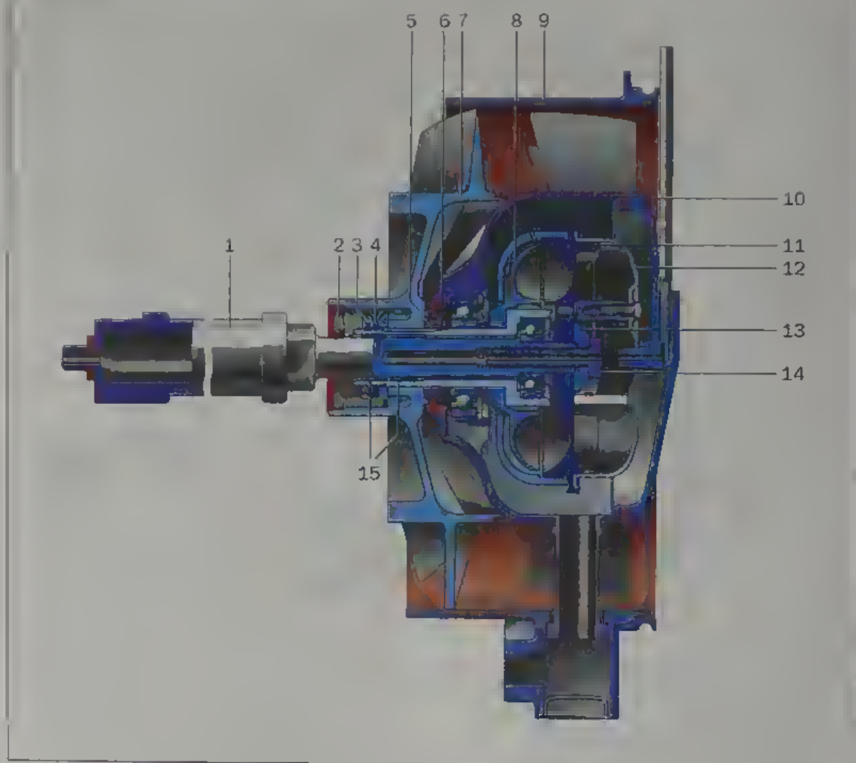


Рис. 2.54. **Установка гидравлической муфты в приводе вентилятора**: 1 — вал привода вентилятора; 2, 6 — сальники (манжеты); 3 — гайка вала; 4 — стопорная шайба; 5 — втулка сальника; 7 — рабочее колесо; В — гидромуфта; 9 — корпус вентилятора; 10 — крышка; 11 — уплотнительное кольцо; 12 — корпус центрифуги; 13 — шайба; 14 — маслопроводный болт; 15 — подшипник скольжения

В конструкциях некоторых двигателей для привода вентилятора используются более сложные, гидравлические, муфты (рис. 2,54), которые изменяют скорость вращения вентилятора системы охлаждения в зависимости от температурного режима двигателя путем изменения количества масла внутри муфты.

Температурный режим ДВС оказывает большое влияние на расход топлива и токсичность отработавших газов, поэтому совершенству системы охлаждения современных двигателей уделяется большое внимание. В некоторых конструкциях используются дополнительные насосы охлаждающей жидкости с электроприводом. Все больше появляется автомобилей, температурным режимом двигателей которых управляют компьютеры. В двигателе автомобиля New Range Rover, например, используется термостат, соединенный с электронным блоком управления двигателем Компьютер анализирует сигналы, поступающие от температурных датчиков, установленных в радиаторе и рубашке охлаждения, и управляет специальным нагревателем в термостате, который ускоряет его срабатывание.

Очень неблагоприятным для долговечности двигателя режимом является его пуск при отрицательных температурах. Для обеспечения подогрева двигателя используют предпусковые подогреватели. В таких подогревателях используются специальные котлы, соединенные с рубашкой системы охлаждения. Жидкость нагревается при сгорании автомобильного топлива в камере сгорания котла. Наиболее совершенные предпусковые подогреватели работают автоматически, а водителю достаточно установить с помощью таймера время включения подогревателя.

В некоторых странах с холодным климатом широко используется подогрев жидкости в системе охлаждения двигателя с помощью небольших термоэлектрических нагревателей (ТЭНов), вмонтированных в рубашку охлаждения. При постановке автомобиля на длительную стоянку в холодное время года водители подключают такие нагреватели к электророзеткам, имеющимся в гаражах или на автомобильных стоянках.

§ 12

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ТОПЛИВО

Топливом для двигателей с искровым зажиганием обычно служит бензин. Одной из наиболее важных характеристик бензина является октановое число, которое указывает на способность топлива сопротивляться детонации — сгоранию с очень высокой скоростью, приводящей к резкому повышению температуры и давления, что может привести к разрушению деталей двигателя. Октановым числом называется процентное содержание изооктана в его смеси с нормальным гептаном, когда эта смесь имеет ту же детонационную стойкость, что и данное топливо. Октановое число может различаться в зависимости от того, какой метод использовался для его измерения. Существует два метода: исследовательский и моторный. Октановое число, полученное исследовательским методом, обычно характеризует способность топлива сопротивляться детонации при разгоне, а моторным методом — сопротивление детонации при постоянной высокой скорости и нагрузках. Независимо от того, каким способом определено октановое число, оно может быть увеличено применением различных добавок к топливу. В течение многих лет с этой целью использовались добавки, содержащие свинец. Сейчас они запрещены, не только из-за того, что свинец отравляет атмосферу, но и в связи с тем, что наличие свинца в топливе выводит из строя каталитические нейтрализаторы (устройства для снижения вредных компонентов в отработавших газах, о которых будет рассказано ниже). Этилированный бензин (с добавками свинца) сейчас запрещен к применению в большинстве стран. Соответствующее октановое число вплоть до 98 (по исследовательскому методу) обеспечивается применением специальных топливных присадок.

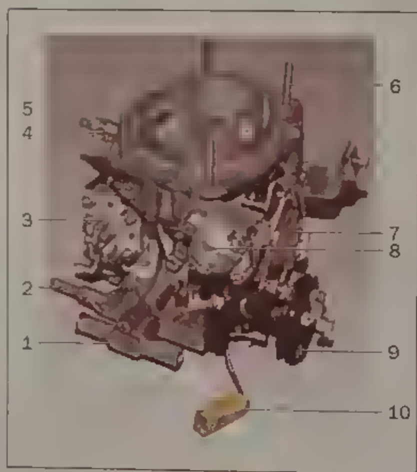
Бензин не единственное топливо, которое может использоваться в двигателях с искровым зажиганием. Существует много альтернативных видов топлива, различные спирты (этанол и метанол), водород, углеводородные газы, такие как сжиженный нефтяной газ, смесь пропана и бутана и природный газ (метан). Ни один из этих видов топлива не может быть использован непосредственно, и любой из бензиновых двигателей требует модификации для их использования.

Для работы двигателя недостаточно подать в цилиндры топливо. Необходимо приготовить горючую смесь воздуха и паров топлива, которая должна быть гомогенной, т. е. хорошо перемешанной и иметь определенный состав, чтобы обеспечить наиболее эффективное сгорание.

Система питания бензинового ДВС с искровым зажиганием служит для приготовления горючей смеси и подачи ее в цилиндры двигателя и удаления из цилиндров отработавших газов.

Процесс приготовления горючей смеси называют карбюрацией. Долгое время в качестве основного устройства для приготовления смеси бензина и воздуха и подачи ее в цилиндры двигателя использовался агрегат, называемый карбюратором (рис. 2.55). В простейшем карбюраторе (рис. 2.56) топливо находится в поплавковой камере, где поддерживается постоянный уровень топлива. Поплавковая камера связана каналом со смесительной камерой карбюратора. В смесительной камере имеется диффузор — местное сужение камеры. Диффузор дает возможность увеличить скорость проходящего через смесительную камеру воздуха. В самую узкую часть диффузора выведен распылитель, соединенный каналом с поплавковой камерой. В нижней части смесительной камеры имеется дроссельная заслонка, которая поворачивается при нажатии водителем педали «газа».

Когда двигатель работает, через смеситель карбюратора проходит воздух. В диффузоре скорость воздуха увеличивается, а перед распылителем образуется разрежение, которое приводит к стеканию топлива в смесительную камеру, где оно смеши-



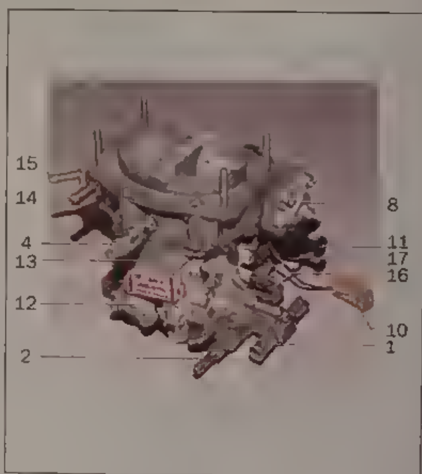


Рис. 2.55. **Внешний вид карбюратора:** 1 — блок подогрева зоны дроссельной заслонки; 2 — штуцер вентиляции картера двигателя; 3 — крышка ускорительного насоса; 4 — электромагнитный запорный клапан; 5 — крышка карбюратора; 6 — шпилька крепления воздушного фильтра; 7 — рычаг управления воздушной заслонкой; 8 — крышка пускового устройства; 9 — сектор рычага привода дроссельных заслонок; 10 — колодка провода датчика-винта ЭПХХ; 11 — регулировочный винт количества смеси холостого хода; 12 — крышка экономайзера; 13 — корпус карбюратора; 14 — штуцер подачи топлива; 15 — штуцер отвода топлива; 16 — регулировочный винт качества смеси холостого хода (по стрелке); 17 — штуцер для подачи разрежения к вакуумному регулятору зажигания

вается с воздухом. Таким образом, карбюратор, работающий по принципу пульверизатора, создает топливно-воздушную горючую смесь. Нажимая педаль «газа», водитель поворачивает дроссельную заслонку карбюратора, изменяет количество смеси, поступающей в цилиндры двигателя, а следовательно, его мощность и обороты.

Из-за того что бензин и воздух имеют различную плотность, при повороте дроссельной заслонки изменяется не только количество подаваемой в камеры сгорания горючей смеси, но и соотношение между количеством топлива и воздуха в ней.

Для полного сгорания одной весовой части бензина требуется 14.7–15.0 весовых частей воздуха (на самом деле, в процессе сгорания участвует кислород, содержащийся в воздухе). Состав горючей смеси принято оценивать с помощью коэффициента избытка воздуха — α (в зарубежной практике — λ).

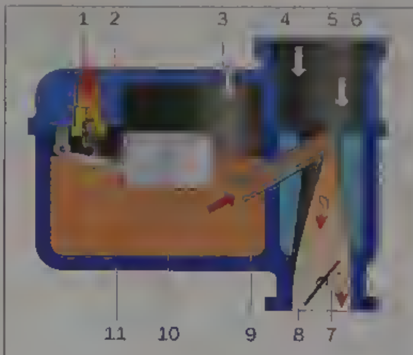


Рис. 2.56. **Принцип работы простейшего карбюратора:** 1 — топливопровод; 2 — игольчатый клапан; 3 — отверстие в крышке поплавковой камеры; 4 — распылитель; 5 — воздушная заслонка; 6 — диффузор; 7 — дроссельная заслонка; 8 — смесительная камера; 9 — топливный жиклер; 10 — поплавок; 11 — поплавковая камера

$$\alpha = \frac{\text{Действительное количество поступившего воздуха}}{\text{Теоретически необходимое для полного сгорания}}$$

Смесь с коэффициентом избытка воздуха, равным единице, называется стехиометрической, т. е. нормальной. Если $\alpha>1$, т. е. воздуха в смеси больше, чем необходимо для полного сгорания топлива, смесь называют бедной. Если $\alpha<1$ — смесь богатая. Чрезмерное переобеднение или переобогащение смеси приводит к плохому ее воспламенению от искры. На различных режимах работы двигателя требуется различный состав горючей смеси. На режимах средних нагрузок для снижения расхода топлива (на которых большую часть времени работает автомобильный двигатель) желательно обеспечить работу на обедненных смесях (на 1 весовую часть бензина приходится 15.0–16.5 частей воздуха). При пуске холодного двигателя необходимо обогащать смесь, поскольку конденсация топлива на холодных поверхностях камеры сгорания ухудшает пусковые свойства двигателя. Некоторое обогащение горючей смеси требуется при работе на холостом ходу, при необходимости получения максимальной мощности, резких ускорениях автомобиля.

По принципу своей работы простейший карбюратор по мере открытия дроссельной заслонки постоянно обогащает топливно-воздушную смесь, поэтому его невозможно использовать для реальных двигателей автомобилей. Для автомобильных двигателей используются карбюраторы, имеющие несколько специальных систем и устройств: систему пуска (воздушная заслонка), систему холостого хода, экономайзер или эконостат, ускорительный насос и др.

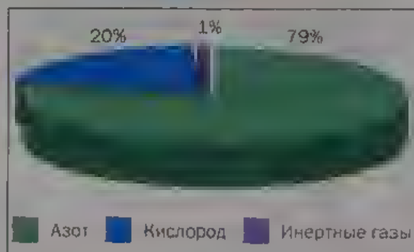


Рис. 2.57 **Состав воздуха**

По мере повышения требований к экономии топлива и снижению токсичности отработавших газов карбюраторы существенно усложнялись, в последних вариантах карбюраторов появились даже электронные устройства.

ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Теоретически, при сгорании углеводородного топлива выделяется конечный продукт в виде воды (из водорода) и двуокиси углерода (из углерода) и азота. В них нет ничего особенно вредного, хотя сейчас многие исследователи обеспокоены проблемой «теплового эффекта», обусловленной увеличением двуокиси углерода (CO_2) в атмосфере, который оказывает влияние на изменение климата в мире. На самом деле, ДВС выделяют следующие компоненты, которые загрязняют окружающую среду. Особо вредными загрязнителями для бензиновых двигателей признаны:

— окись углерода (CO);
— пары бензина и несгоревшие углеводороды (HC);
— оксиды азота (NO_x).

Окись углерода вызывает головную боль, нарушение зрения, слабость, а в больших концентрациях удушье, которое может привести к смерти. Углеводороды могут привести к серьезным воспалениям слизистых оболочек глаз, горла и носа. Оксиды азота вызывают воспаление легких и являются канцерогенами. Кроме того, оксиды азота соединяются в атмосфере с парами воды и образуют кислотные дожди. Выброс этих загрязнителей увеличивается вследствие неполного сгорания топлива. Выброс оксидов азота (NO_x) увеличивается при высокой температуре сгорания. Увеличение количества углеводородов (HC) происходит также за счет испарения топлива из бака и из-за конденсации бензина на стенках впускного коллектора.

Проблему загрязнения окружающей среды первой осознала общественность в Америке. В этой стране впервые в конце 60-х гг. были установлены нормы токсичности выбросов автомобилей: сначала в штате Калифорния, а затем и в других штатах. За США последовали Япония, Европа и другие страны. Сейчас практически все развитые страны имеют национальные стандарты, устанавливающие нормы токсичности выбросов автомобилей, и эти нормы постоянно пересматриваются с целью их ужесточения.

Дальнейшее ужесточение требований к содержанию вредных веществ в отработавших газах автомобильных двигателей привело к тому, что практически во всех странах карбюраторы уступили место системам впрыска.

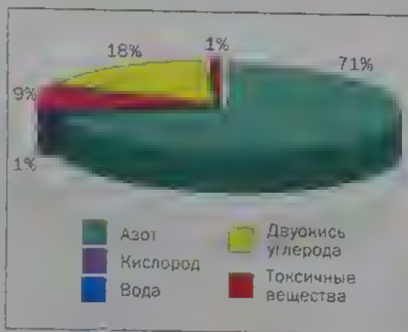


Рис. 2.58. **Состав отработавших газов**

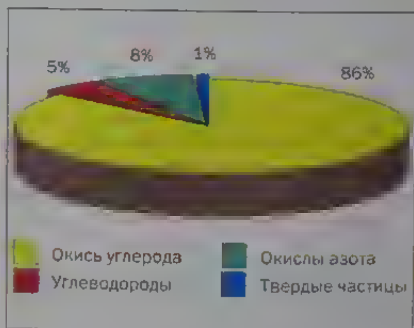


Рис. 2.59. **Состав токсичных веществ**

Таблица 2.60. Нормы предельной токсичности отработавших газов

Европейские и калифорнийские (LEV, ULEV, SULEV) стандарты

	Бензиновый двигатель			Дизель			
Нормы токсичности	CO	CH	NOx	CO	NOx	CH+NOx	Сажа
Евро III, с 2000 г.		2,3	0,2	0,15	0,64	0,5–0,56	0,05
Евро IV, с 2005 г.		1,0	0,1	0,08	0,5	0,25–0,30	0,025
LEV 2,1	0,2	0,15					
ULEV 1,0	0,02	0,03					
SULEV, с 2004 г.		0,62	0,006	0,0125			0,006

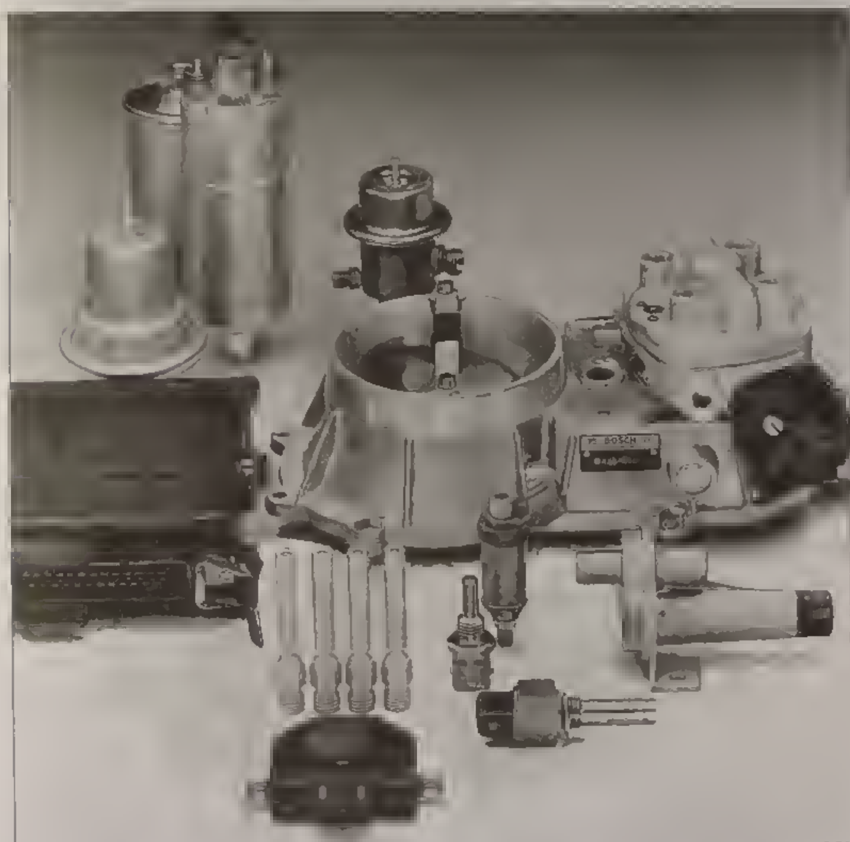


Рис. 2.61. Механическая система впрыска. Компоненты системы впрыска KE · Jetronic Bosch

§ 13

СИСТЕМЫ ВПРЫСКА БЕНЗИНА

Первые системы впрыска были механическими (рис. 2.61), а не электронными, и некоторые из них (например, высокоэффективная система BOSCH) были чрезвычайно остроумными и хорошо работали. Впервые же система механического впрыска топлива была разработана компанией Daimler Benz, а первый серийный автомобиль с впрыском бензина был выпущен еще в 1954 г. Основными преимуществами системы впрыска по сравнению с карбюраторными системами являются следующие:

— отсутствие дополнительного сопротивления потоку воздуха на впуске, имеющему место в карбюраторе, что обеспечивает повышение наполнения цилиндров и литровой мощности двигателя;
— более точное распределение топлива по отдельным цилиндрам;
— значительно более высокая степень оптимизации состава горючей смеси на всех режимах работы двигателя с учетом его состояния, что приводит к улучшению топливной экономичности и снижению токсичности отработавших газов.

Хотя в конце концов оказалось, что лучше для этой цели использовать электронику, которая дает возможность сделать систему компактнее, надежнее и более адаптируемой к требованиям различных двигателей. Некоторые из первых систем электронного впрыска представляли собой карбюратор, из которого удаляли все «пассивные» топливные системы и устанавливали одну или две форсунки. Такие системы получили название «центральный (одноточечный) впрыск» (рис. 2.62 и 2.64).



Рис. 2.62. **Агрегат центрального (одноточечного) впрыска**



Рис. 2.63. **Электронный блок управления четырехцилиндровым двигателем Valvetronic BMW**

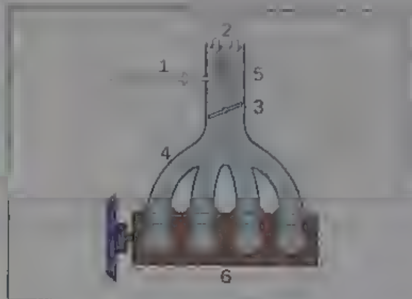


Рис. 2.64. **Схема системы центрального впрыска топлива:** 1 — подача топлива; 2 — поступление воздуха; 3 — дроссельная заслонка; 4 — впускной трубопровод; 5 — форсунка; 6 — двигатель

В настоящее время наибольшее распространение получили системы распределенного (многоточечного) электронного впрыска. На изучении этих систем питания необходимо остановиться более подробно.

СИСТЕМА ПИТАНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВПРЫСКОМ БЕНЗИНА (ТИПА MOTRONIC)

В системе центрального впрыска подача смеси и ее распределение по цилиндрам осуществляются внутри впускного коллектора (рис. 2.64).

Наиболее современная система распределенного впрыска топлива отличается тем, что во впускном тракте каждого цилиндра устанавливается отдельная форсунка, которая в определенный момент впрыскивает дозированную порцию бензина на впускной клапан соответствующего цилиндра. Бензин, поступивший в цилиндр, испаряется и перемешивается с воздухом, образуя горючую смесь. Двигатели с такими системами питания обладают лучшей топливной экономичностью и пониженным содержанием вредных веществ в отработавших газах по сравнению с карбюраторными двигателями.

Работой форсунок управляет электронный блок управления (ЭБУ) (рис. 2.63), представляющий собой специальный компьютер, который получает и обрабатывает электрические сигналы от системы датчиков, сравнивает их показания со значениями, хранящимися в памяти компьютера, и выдает управляющие электрические сигналы на электромагнитные клапаны форсунок и другие исполнительные устройства. Кроме того, ЭБУ постоянно проводит диагностику

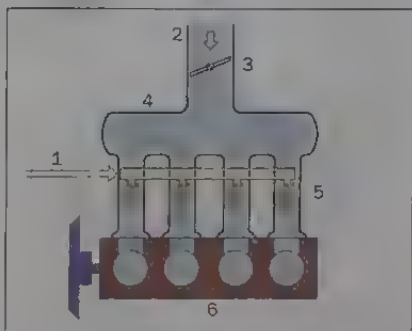


Рис. 2.65. **Схема системы распределенного впрыска топлива Motronic:** 1 — подача топлива; 2 — поступление воздуха; 3 — дроссельная заслонка; 4 — впускной трубопровод; 5 — форсунки; 6 — двигатель

системы впрыска топлива и при возникновении неполадок в работе предупреждает водителя с помощью контрольной лампы, установленной в щитке приборов. Серьезные неполадки записываются в памяти блока управления и могут быть считаны при проведении диагностики.

Система питания с распределенным впрыском имеет следующие составные части:
- система подачи и очистки топлива;
- система подачи и очистки воздуха;
- система улавливания и сжигания паров бензина;
- электронная часть с набором датчиков;
- система выпуска и дожигания отработавших газов.

Система подачи топлива состоит из топливного бака, электрического бензонасоса, топливного фильтра, трубопроводов и топливной рампы, на которой установлены форсунки и регулятор давления топлива.

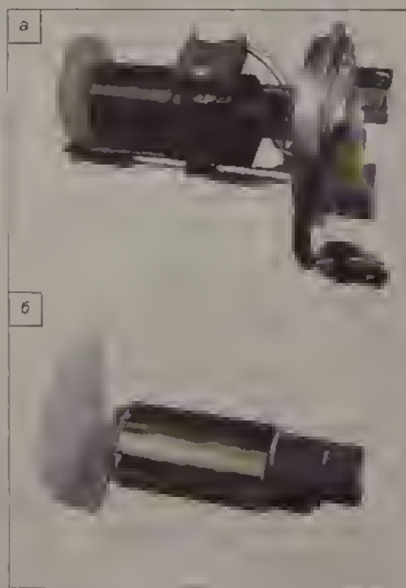


Рис. 2.66. **Погружной электрический топливный насос; а — топливозаборник с насосом; б — внешний вид насоса и насосная секция роторного типа топливного насоса с электрическим приводом; в — шестеренчатая; г — роликовая; д — пластинчатая; е — схема работы насосной секции роторного типа:** 1 — корпус; 2 — зона всасывания; 3 — ротор; 4 — зона нагнетания; 5 — направление вращения



Рис. 2.67. **Топливная рампа пятнцилнндрового двигателя с установленными на ней форсункамн, регулятором давления и штуцером для коитроля давления**

Электробеизонасос (обычно роликовый) может устанавливаться как внутри бензобака (рис. 2.66), так и снаружи. Бензонасос включается с помощью электромагнитного реле. Бензин засасывается насосом из бака и одновременно омывает и охлаждает электродвигатель насоса. На выходе из насоса имеется обратный клапан, который не позволяет топливу вытекать из напорной магистрали при выключенном бензонасосе. Для ограничения давления служит предохранительный клапан.

Поступающее от бензонасоса топливо, под давлением не менее 280 кПа проходит через топливный фильтр тонкой очистки и поступает к топливной рампе. Фильтр имеет металлический корпус, заполненный бумажным фильтрующим элементом.

Рампа (рис.2.67) представляет собой полую конструкцию, к которой крепятся форсунки и регулятор давления. Рампа крепится болтами к впускному трубопроводу двигателя. На рампе также устанавливается штуцер, который служит для контроля давления топлива. Штуцер закрыт резьбовой пробкой для предохранения от загрязнения.

Форсуика (рис. 2.68) имеет металлический корпус, внутри которого расположен электромагнитный клапан, состоящий из электрической обмотки, стального сердечника, пружины и запорной иглы. В верхней части форсунки расположен небольшой сетчатый фильтр, предохраняющий распылитель форсунки (имеющий очень маленькие отверстия) от загрязнения. Резиновые кольца обеспечивают необходимое уплотнение между рампой, форсункой и посадочным местом во впускном трубопроводе. Фиксация форсунки на рампе осуществляется с помощью специального зажима. На корпусе форсунки имеются электрические контакты для под-



Рис. 2.68. **Электромагиитиые форсуики бензинового двигателя: слева — GM, справа — Bosch**

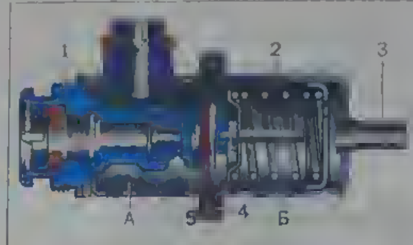


Рис. 2.69. **Регулятор давления топлива:** 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — патрубок для вакуумного шланга; 4 — мембрана; 5 — клапан; А — топливная полость; Б — вакуумная полость



Рис. 2.70. **Пластмассовый впускной трубопровод с ресивером и дроссельным патрубком**

ключения электрического разъема. Регулирование количества топлива, впрыскиваемого форсункой, осуществляется изменением длины электрического импульса, подаваемого на контакты форсунки.

Регулятор давления топлива (рис. 2.69) служит для изменения давления в рампе, в зависимости от разрежения во впускном трубопроводе. В стальном корпусе регулятора расположен подпружиненный игольчатый клапан, соединенный с диафрагмой. На диафрагму, с одной стороны воздействует давление топлива в рампе, а с другой разрежение во впускном трубопроводе. При увеличении разрежения, во время прикрытия дроссельной заслонки, клапан открывается, излишки топлива сливаются по сливному трубопроводу обратно в бак, а давление в рампе уменьшается.

В последнее время появились системы впрыска, в которых отсутствует регулятор давления топлива. Например, на рампе двигателя V8 автомобиля New Range Rover нет регулятора давления, и состав горючей смеси обеспечивается только работой форсунок, получающих сигналы от электронного блока.

Система подачи и очистки воздуха состоит из воздушного фильтра со сменным фильтрующим элементом, дроссельного патрубка с заслонкой и регулятором холостого хода, ресивера и выпускного трубопровода (рис. 2.70).

Ресивер должен иметь достаточно большой объем, для того чтобы сглаживались пульсации поступающего в цилиндры двигателя воздуха.

Дроссельный патрубок закреплен на ресивере и служит для изменения количества воздуха, поступающего в цилиндры двигателя. Изменение количества воздуха осуществляется с помощью дроссельной заслонки, поворачиваемой в корпусе с помощью тросового привода от педали «газа». На дроссельном патрубке установлены датчик положения дроссельной заслонки и регулятор холостого хода. В дроссельном патрубке имеются отверстия для забора разрежения, которое используется системой улавливания паров бензина.

В последнее время конструкторы систем впрыска начинают применять электропривод управления, когда между педалью «газа» и дроссельной заслонкой нет механической связи (рис. 2.71). В таких конструкциях на педали «газа» устанавливаются датчики ее положения, а дроссельная заслонка поворачивается шаговым электродвигателем с редуктором. Электродвигатель поворачивает заслонку по сигналам компьютера, управляющего работой двигателя. В таких конструкциях не только обеспечивается четкое выполнение команд водителя, но и имеется возможность влиять на работу двигателя, исправляя ошибки водителя, действием электронных систем поддержания устойчивости автомобиля и других современных электронных систем обеспечения безопасности.



Рис. 2.71. **Дроссельная заслонка с электрическим приводом обеспечивает возможность управления двигателем по проводам**



Рис. 2.72. **Индуктивные датчики положения коленчатого и распределительного валов**

Датчик положения дроссельной заслонки представляет собой потенциометр, ползунок которого соединен с осью дроссельной заслонки. При повороте дросселя, изменяется электрическое сопротивление датчика и напряжение его питания, которое является выходным сигналом для ЭБУ. В системах электропривода управления дроссельной заслонкой используется не меньше двух датчиков, чтобы компьютер мог определять направления перемещения заслонки.

Регулятор холостого хода служит для регулировки оборотов коленчатого вала двигателя на холостом ходу путем изменения количества воздуха, проходящего в обход закрытой дроссельной заслонки. Регулятор состоит из шагового электродвигателя, управляемого ЭБУ, и конусного клапана. В современных системах, имеющих более мощные компьютеры управления работой двигателя, обходятся без регуляторов холостого хода. Компьютер, анализируя сигналы от многочисленных датчиков, управляет длительностью поступающих к форсункам импульсов электрического тока и работой двигателя на всех режимах, в том числе и на холостом ходу.

Между воздушным фильтром и патрубком впускного трубопровода устанавливается **датчик массового расхода топлива**. Датчик изменяет частоту электрического сигнала, поступающего к ЭБУ, в зависимости от количества воздуха, проходящего через патрубок. От этого датчика поступает к ЭБУ и электрический сигнал, соответствующий температуре поступающего воздуха. В первых системах электронного впрыска использовались датчики, оценивающие объем поступающего воздуха. Во впускном патрубке устанавливалась заслонка, которая отклонялась на разную величину в зависимости от напора поступающего воздуха. С заслонкой был связан потенциометр, который изменял сопротивление в зависимости от величины поворота заслонки. Современные датчики массового расхода воздуха работают, используя принцип изменения электрического сопротивления нагретой проволоки или токопроводящей пленки при охлаждении ее поступающим потоком воздуха. Управляющий компьютер, получающий также сигналы от датчика температуры поступающего воздуха, может определить массу поступившего в двигатель воздуха.

Для корректного управления работой системы распределенного впрыска электронному блоку требуются сигналы и от других датчиков. К последним относятся: датчик температуры охлаждающей жидкости, датчик положения и частоты вращения коленчатого вала, датчик скорости автомобиля, датчик детонации, датчик концентрации кислорода (устанавливается в приемной трубе системы выпуска отработавших газов в варианте системы впрыска с обратной связью).

В качестве температурных датчиков в настоящее время в основном используются полупроводники, изменяющие электрическое сопротивление при изменении температуры. Датчики положения и скорости вращения коленчатого вала обычно выполняются индуктивного типа (рис. 2.72). Они выдают импульсы электрического тока при вращении маховика с метками на нем.

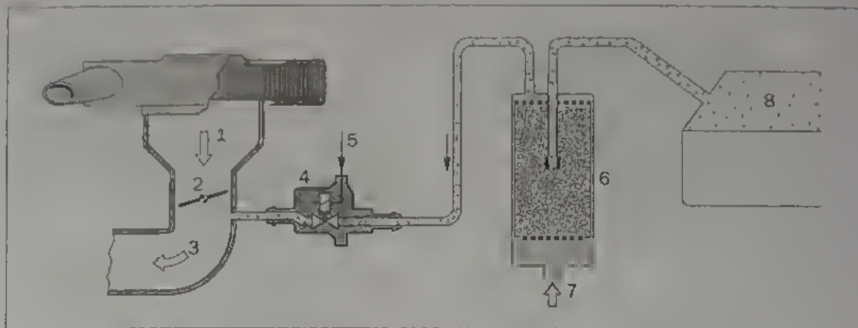


Рис. 2.73. **Схема работы адсорбера:** 1 — всасываемый воздух; 2 — дроссельная заслонка; 3 — впускной коллектор двигателя; 4 — клапан продувки сосуда с активированным углем; 5 — сигнал от ECU; 6 — сосуд с активированным углем; 7 — окружающий воздух; 8 — топливные пары в топливном баке

Система питания с распределенным впрыском может быть последовательной или параллельной. В параллельной системе впрыска, в зависимости от числа цилиндров двигателя, одновременно срабатывают несколько форсунок. В системе с последовательным впрыском в нужный момент времени срабатывает только одна, конкретная форсунка. Во втором случае ЭБУ должен получать информацию о моменте нахождения каждого поршня вблизи ВМТ в такте впуска. Для этого требуется не только датчик положения коленчатого вала, но и **датчик положения распределительного вала.** На современных автомобилях, как правило, устанавливаются двигатели с последовательным впрыском.

Для **улавливания паров бензина**, который испаряется из топливного бака, во всех системах впрыска используются специальные адсорберы с активированным углем (рис. 2.73). Активированный уголь, находящийся в специальной емкости, соединенной трубопроводом с топливным баком, хорошо поглощает пары бензина. Для удаления бензина из адсорбера последний продувается воздухом и соединяется с впускным трубопроводом двигателя. Для того чтобы работа двигателя при этом не нарушалась, продувка производится только на определенных режимах работы двигателя, с помощью специальных клапанов, которые открываются и закрываются по команде ЭБУ.

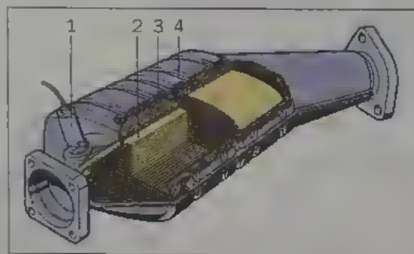


Рис. 2.74. **Двухслойный трехкомпонентный каталитический нейтрализатор отработавших газов:** 1 — датчик концентрации кислорода для замкнутого контура управления; 2 — монолитный блок-носитель; 3 — монтажный элемент в виде проволочной сетки; 4 — двухоболочковая теплоизоляция нейтрализатора

В системах впрыска с обратной связью используются **датчики концентрации кислорода** в отработавших газах, которые устанавливаются в выпускной системе с каталитическим нейтрализатором отработавших газов.

Каталитический нейтрализатор (рис. 2.74; 2.75) устанавливается в выпускной системе для уменьшения содержания вредных веществ в отработавших газах. Нейтрализатор содержит один восстановительный (родий) и два окислительных (платина и палладий) катализатора. Окислительные катализаторы способствуют окислению несгоревших углеводородов (СН) в водяной пар,

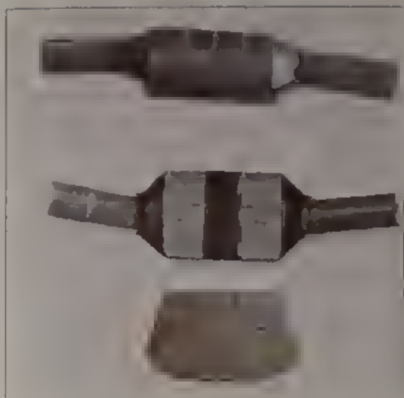


Рис. 2.75. **Внешний вид нейтрализатора**

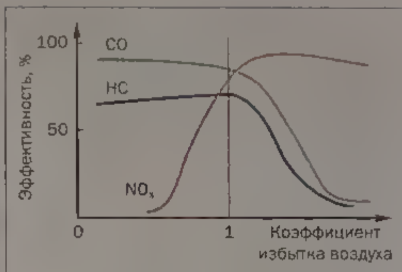


Рис. 2.76. **Зависимость эффективности действия нейтрализатора от коэффициента избытка воздуха**

а окиси углерода (CO) в углекислый газ. Восстановительный катализатор восстанавливает вредные оксиды азота NO_x в безвредный азот. Так как эти нейтрализаторы снижают в отработавших газах содержание трех вредных веществ, они называются трехкомпонентными.

Работа автомобильного двигателя на этилированном бензине приводит к выходу из строя дорогостоящего каталитического нейтрализатора. Поэтому в большинстве стран использование этилированного бензина запрещено.

Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор работает наиболее эффективно, если в двигатель подается смесь стехиометрического состава, т. е. при соотношении воздуха и топлива как 14,7:1 или коэффициенте избытка воздуха, равном единице. Если воздуха в смеси слишком мало (т. е. мало кислорода), тогда CH и CO не полностью окислятся (сгорят) до безопасного побочного продукта. Если же воздуха слишком много, то не может быть обеспечено разложение NO_x на кислород и азот. Поэтому появилось новое поколение двигателей, в которых состав смеси регулировался постоянно для получения точного соответствия коэффициента избытка воздуха $\alpha=1$ с помощью датчика концентрации кислорода (лямбда-зонда) (рис. 2.77), встраиваемого в выпускную систему.

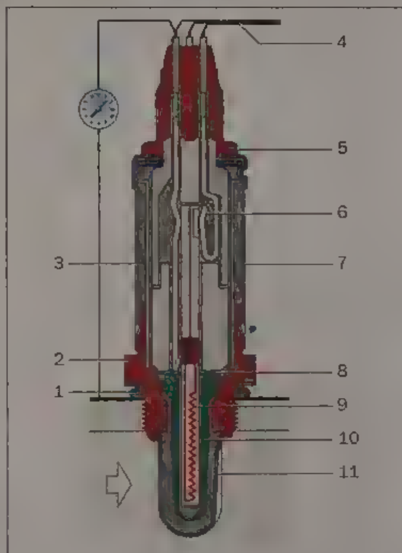


Рис. 2.77. **Устройство датчика концентрации кислорода:** 1 — уплотнительное кольцо; 2 — металлический корпус с резьбой и шестигранником «под ключ»; 3 — керамический изолятор; 4 — провода; 5 — уплотнительная манжета проводов; 6 — токоподводящий контакт провода питания нагревателя; 7 — наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха; 8 — токосъемник электрического сигнала; 9 — электрический нагреватель; 10 — керамический наконечник; 11 — защитный экран с отверстием для отработавших газов

Этот датчик определяет количество кислорода в отработавших газах, а его электрический сигнал использует ЭБУ, который соответственно изменяет количество впрыскиваемого топлива. Принцип действия датчика заключается в способности пропускать через себя ионы кислорода. Если содержание кислорода на активных поверхностях датчика (одна из которой контактирует с атмосферой, а другая с отработавшими газами) значительно отличается, происходит резкое изменение напряжения на выводах датчика. Иногда устанавливают два датчика концентрации кислорода: один — до нейтрализатора, а другой — после.

Для того чтобы катализатор и датчик концентрации кислорода могли эффективно работать, они должны быть прогреты до определенной температуры. Минимальная температура, при которой задерживается 90 % вредных веществ, составляет порядка 300 °С. Необходимо также избегать перегрева нейтрализатора, поскольку это может привести к повреждению наполнителя и частично блокировать проход для газов. Если двигатель начинает работать с перебоями, то несгоревшее топливо догорает в катализаторе, резко увеличивая его температуру. Иногда может быть достаточно нескольких минут работы двигателя с перебоями, чтобы полностью повредить нейтрализатор. Вот почему электронные системы современных двигателей должны выявлять пропуски в работе и предотвращать их, а также предупреждать водителя о серьезности этой проблемы. Иногда для ускорения прогрева каталитического нейтрализатора после пуска холодного двигателя применяют электрические нагреватели. Датчики концентрации кислорода, применяющиеся в настоящее время, практически все имеют нагревательные элементы.

В современных двигателях, с целью ограничения выбросов вредных веществ в атмосферу во время прогрева двигателя, предварительные каталитические нейтрализаторы устанавливают максимально близко к выпускному коллектору (рис. 2.78), чтобы обеспечить быстрый прогрев нейтрализатора до рабочей температуры. Кислородные датчики установлены до и после нейтрализатора.

Для улучшения экологических показателей работы двигателя необходимо не только совершенствовать нейтрализаторы отработавших газов, но и улучшать процессы, протекающие в двигателе. Содержание углеводородов стало возможным снизить за счет уменьшения «щелевых объемов», таких как зазор между поршнем и стенкой цилиндра над верхним компрессионным кольцом и полостей вокруг седел клапанов.

Тщательное исследование потоков горючей смеси внутри цилиндра с помощью компьютерной техники дало возможность обеспечить более полное сгорание и низкий уровень СО. Уровень NO_x был уменьшен с помощью системы рециркуляции отработавших газов путем забора части газа из выпускной системы и подачи его в поток воздуха на впуске. Эти меры и быстрый, точный контроль за работой двигателя на переходных режимах могут свести вредные выбросы к минимуму еще до катализатора. Для ускорения прогрева каталитического нейтрализатора и выхода его на рабочий режим используется также способ вторичной подачи воздуха в выпускной коллектор с помощью специального электроприводного насоса.

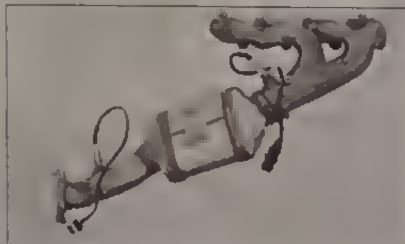


Рис. 2.78. **Выпускной коллектор двигателя с предварительным нейтрализатором**

Другим эффективным и распространенным способом нейтрализации вредных продуктов в отработавших газах является пламенное дожигание, которое основано на способности горючих составляющих отработавших газов (СО, СН, альдегиды) окисляться при высоких температурах. Отработавшие газы поступают в камеру дожигателя, имеющую эжектор, через который поступает нагретый воздух из теплообменника. Горение происходит в камере, а для воспламенения служит запальная свеча.

Первые системы впрыска бензина непосредственно в цилиндры двигателя появились еще в первой половине XX в. и использовались на авиационных двигателях. Попытки применения непосредственного впрыска в бензиновых двигателях автомобилей были прекращены в 40-е годы XIX в., потому что такие двигатели получались дорогостоящими, неэкономичными и сильно дымили на режимах большой мощности. Впрыскивание бензина непосредственно в цилиндры связано с определенными трудностями. Форсунки для непосредственного впрыска бензина работают в более сложных условиях, чем те, что установлены во впускном трубопроводе. Головка блока, в которую должны устанавливаться такие форсунки, получается более сложной и дорогой. Время, отводимое на процесс смесеобразования при непосредственном впрыске, существенно уменьшается, а значит, для хорошего смесеобразования необходимо подавать бензин под большим давлением.

Со всеми этими трудностями удалось справиться специалистам компании Mitsubishi, которая впервые применила систему непосредственного впрыска бензина на автомобильных двигателях. Первый серийный автомобиль Mitsubishi Galant с двигателем 1,8 GDI (Gasoline Direct Injection — непосредственный впрыск бензина) появился в 1996 г. (рис. 2.81). Сейчас двигатели с непосредственным впрыском бензина выпускают Peugeot-Citroën, Renault, Toyota, DaimlerChrysler и другие производители (рис. 2.79; 2.80; 2.84).

Преимущества системы непосредственного впрыска заключаются в основном в улучшении топливной экономичности, а также и некоторого повышения мощности. Первое объясняется способностью двигателя с системой непосредственного впрыска работать



Рис. 2.79. **Схема двигателя Volkswagen FSI с непосредственным впрыском бензина**

Рис. 2.80. **В 2000 г. компания PSA Peugeot-Citroën представила свой двухлитровый четырехцилиндровый двигатель HPI с непосредствеиным впрыском бензииа, который мог работать на бедиых смесях**

на очень бедных смесях. Повышение мощности обусловлено в основном тем, что организация процесса подачи топлива в цилиндры двигателя позволяет повысить степень сжатия до 12,5 (в обычных двигателях, работающих на бензине, редко удается установить степень сжатия свыше 10 из-за наступления детонации).

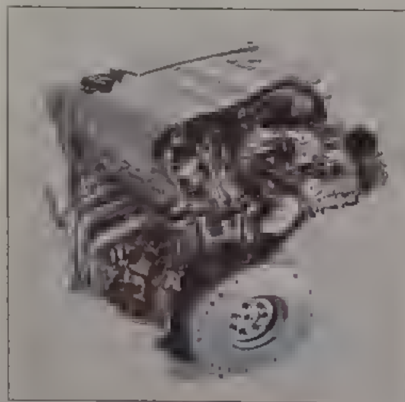


Рис. 2.81. **Двигатель Mitsubishi GDI — первый серийный двигатель с системой непосредственного впрыска бензина**

В двигателе GDI топливный насос обеспечивает давление 5 МПа. Электромагнитная форсунка, установленная в головке блока цилиндров, впрыскивает бензин непосредственно в цилиндр двигателя и может работать в двух режимах. В зависимости от подаваемого электрического сигнала она может впрыскивать топливо или мощным коническим факелом, или компактной струей (рис. 2.82). Днище поршня имеет специальную форму в виде сферической выемки (рис. 2.83). Такая форма позволяет закрутить поступающий воздух, направить впрыскиваемое топливо к свече зажигания, установленной по центру камеры сгорания. Впускной трубопровод расположен не сбоку, а вертикально сверху. Он не имеет резких изгибов, и поэтому воздух поступает с высокой скоростью.

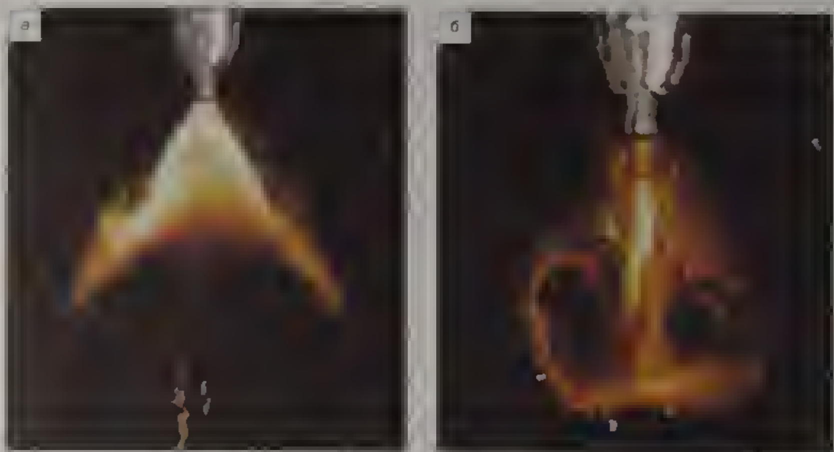


Рис. 2.82. **Форсунка двигателя GDI может работать в двух режимах, обеспечивая мощный (а) или компактный (б) факел распыленного бензина**

В работе двигателя с системой непосредственного впрыска можно выделить три различных режима:

1) режим работы на сверхбедных смесях;
2) режим работы на стехиометрической смеси;
3) режим резких ускорений с малых оборотов;

Первый режим используется в том случае, когда автомобиль движется без резких ускорений со скоростью порядка 100–120 км/ч. На этом режиме используется очень бедная горючая смесь с коэффициентом избытка воздуха более 2,7. В обычных условиях такая смесь не может воспламениться от искры, поэтому форсунка впрыскивает топливо компактным факелом в конце такта сжатия (как в дизеле). Сферическая выемка в поршне направляет струю топлива к электродам свечи зажигания, где высокая концентрация паров бензина обеспечивает возможность воспламенения смеси.

Второй режим используется при движении автомобиля с высокой скоростью и при резких ускорениях, когда необходимо получить высокую мощность. Такой режим движения требует стехиометрического состава смеси. Смесь такого состава легко воспламеняется, но у двигателя GDI повышена степень сжатия, и для того чтобы не наступала детонация, форсунка впрыскивает топливо мощным факелом. Мелко распыленное топливо заполняет цилиндр и, испаряясь, охлаждает поверхности цилиндра, снижая вероятность появления детонации.

Третий режим необходим для получения большого крутящего момента при резком нажатии педали «газа», когда двигатель работает на малых оборотах. Этот режим работы двигателя отличается тем, что в течение одного цикла форсунка срабатывает два раза. Во время такта впуска в цилиндр для

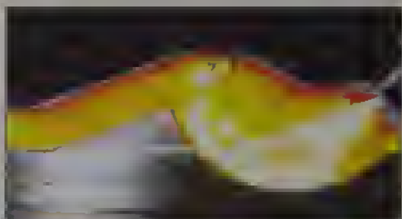


Рис. 2.83. **Поршень двигателя с непосредственным впрыском бензина имеет специальную форму (процесс сгорания над поршнем)**

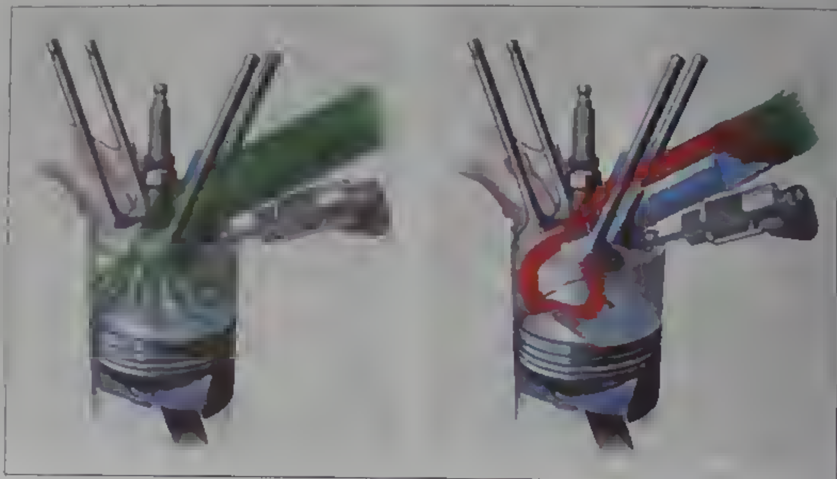


Рис. 2.84. **Конструктивные особенности двигателя с непосредственным впрыском бензина Audi 2.0 FSI**

его охлаждения мощным факелом впрыскивается сверхбедная смесь (α=4,1). В конце такта сжатия форсунка еще раз впрыскивает топливо, но компактным факелом. При этом смесь в цилиндре обогащается и детонация не наступает.

По сравнению с обычным двигателем с системой питания с распределенным впрыском бензина, двигатель с системой GDI примерно на 10 % экономичнее и выбрасывает в атмосферу на 20 % меньше углекислого газа. Повышение мощности двигателя доходит до 10 %. Однако, как показала эксплуатация автомобилей с двигателями такого типа, они очень чувствительны к содержанию серы в бензине.

Оригинальный процесс непосредственного впрыска бензина разработала компания Orbital. В этом процессе в цилиндры двигателя впрыскивается бензин, заранее смешанный с воздухом с помощью специальной форсунки. Форсунка компании Orbital состоит из двух жиклеров, топливного и воздушного.



Рис. 2.85. **Работа форсунки Orbital**

Воздух к воздушным жиклерам поступает в сжатом виде от специального компрессора при давлении 0,65 МПа. Давление топлива составляет 0,8 МПа. Сначала срабатывает топливный жиклер, а затем в нужный момент и воздушный, поэтому в цилиндр мощным факелом впрыскивается топливно-воздушная смесь в виде аэрозоля (рис. 2.85).

Форсунка, установленная в головке цилиндра рядом со свечой зажигания, впрыскивает топливно-воздушную струю непосредственно на электроды свечи зажигания, что обеспечивает ее хорошее воспламенение.

§ 14

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ

Когда в 1897 г. Рудольф Дизель создал первый работоспособный двигатель, он не мог предвидеть, какие изменения претерпит его идея. Особенно большие изменения в системе питания дизелей произошли в последние годы, что сделало эти двигатели более пригодными для применения не только на грузовых, но и на современных легковых автомобилях. Более дешевое топливо, высокая экономичность дизельных двигателей, по сравнению с бензиновыми, всегда привлекали автомобилистов, но широкое применение дизелей сдерживалось присущими им недостатками — шумностью при работе, повышенным дымлением и сложностью пуска холодного двигателя. Современные конструкции дизелей в большинстве не имеют этих недостатков.

Система питания дизеля обеспечивает подачу очищенного дизельного топлива к цилиндрам, сжимает его до высокого давления, подает его в мелкораспыленном виде в камеру сгорания и смешивает с горячим (700–900 °С) от сжатия в цилиндрах (3–5 МПа) воздухом так, чтобы оно самовоспламенилось. После завершения рабочего хода необходимо очистить цилиндры от продуктов сгорания.

Дизельное топливо отличается от бензина более высокой плотностью и смазывающей способностью. Для оценки способности дизельного топлива к самовоспламенению служит цетановое число. Цетановым числом называется процентное содержание цетана в его смеси с альфа-метилнафталином, при условии что эта смесь обладает такой же задержкой воспламенения, что и данное топливо. Существующие дизельные топлива имеют цетановое число 45–50; при этом для современных дизельных двигателей предпочтительнее более высокие числа.

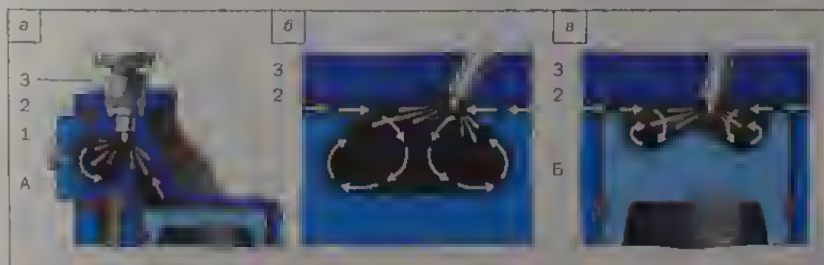


Рис. 2.86. **Варианты впрыска топлива в камеру сгорания дизеля. Разделенная (а) и неразделенные (б, в) камеры сгорания: а — вихревая (фирма «Перкинс»); б — дельтаидная (двигатель Д-245); в — тороидальная (двигатель КамАЗ);** 1 — вставка вихревой камеры; 2 — головка цилиндров; 3 — форсунка, А — полость вихревой камеры; Б — полость в поршне

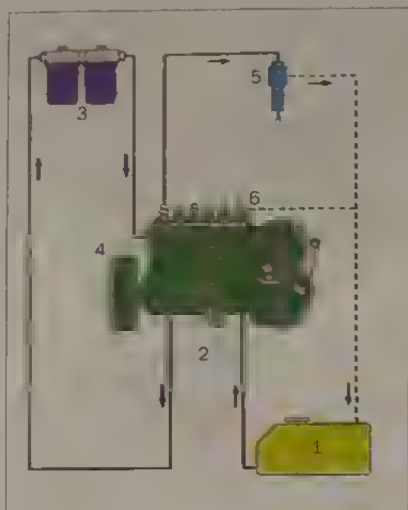


Рис. 2.87. **Схема системы питания дизеля:** 1 — топливный бак; 2 — подкачивающий насос; 3 — топливный фильтр; 4 — топливный насос высокого давления; 5 — форсунка; 6 — сливная магистраль

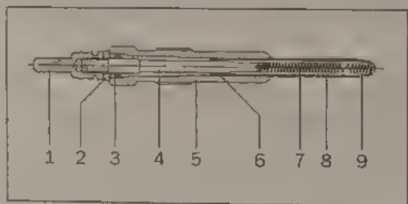


Рис. 2.88. **Свеча накаливания закрытого типа:** 1 — наконечник; 2 — изолирующая прокладка; 3 — двойное уплотнение; 4 — стержень; 5 — корпус; 6 — уплотнение защитной оболочки; 7 — нагревательная спираль; 8 — трубка; 9 — порошок

Существует два варианта процесса смесеобразования в дизелях, обусловленных формой камеры сгорания (рис. 2.86). В первом варианте топливо впрыскивается в предварительную камеру (предкамеру), а во втором варианте впрыск топлива осуществляется непосредственно в камеру сгорания, выполненную в поршне.

Двигатели, выполненные по первому варианту, называются дизелями с разделенной камерой сгорания и обозначаются IDI (In Direct Injection), а выполненные по второму варианту — дизелями с непосредственным впрыском — DI (Direct Injection). Дизели с разделенной камерой сгорания мягче работают и меньше шумят. Тем не менее двигатели с непосредственным впрыском все более широко используются на автомобилях, потому что их топливная экономичность примерно на 20 % выше.

Основной функциональной задачей систем питания двигателей обоих типов является подача точного количества топлива в соответствующий цилиндр и в точно определенное время. В высокооборотных дизелях легковых автомобилей процесс впрыска занимает всего тысячную долю секунды, и при этом впрыскивается только небольшая доза топлива.

В систему питания дизеля входят: топливный бак, топливные фильтры, подкачивающий насос, топливный насос высокого давления (ТНВД), трубопроводы, форсунки, воздушный фильтр и система выпуска отработавших газов (рис. 2.87).

Для облегчения пуска дизеля в холодное время часто применяются свечи накаливания (рис. 2.88), которые отличаются от искровых свечей зажигания тем, что они являются просто электрическими нагревателями и подогревают холодный воздух перед подачей его в цилиндры двигателя в процессе пуска.

Топливный бак должен удовлетворять требованиям безопасности. Топливо из бака поступает в нагнетательный трубопровод, а затем к топливному фильтру, с помощью подкачивающего насоса. Топливный фильтр должен очистить топливо от возможных загрязнений, чтобы механические примеси не попали в ТНВД и далее. К топливному баку присоединяется также сливной трубопровод, по которому в бак сливаются излишки топлива из ТНВД и форсунок.

Самым сложным и дорогим устройством системы питания дизеля является топливный насос высокого давления (ТНВД). При создании первых стационарных двигателей Рудольф Дизель выяснил, что для надежного самовоспламенения топлива оно должно подаваться в цилиндр под высоким давлением. В его конструкциях для этого использовался мощный и громоздкий

компрессор. В 20-е гг. Роберт Бош разработал компактный и надежный ТНВД. Первый серийный ТНВД для грузового автомобиля был выпущен фирмой Bosch еще в 1927 г., а в 1936 г. был налажен выпуск ТНВД для легковых автомобилей.

ТНВД не только создает давление топлива, но и распределяет его по форсункам соответствующих цилиндров в соответствии с порядком работы двигателя. Форсунки соединяются с ТНВД трубопроводами высокого давления. Форсунки входят своей нижней частью — распылителями — в камеры сгорания. Распылители имеют очень маленькие отверстия, необходимые для того, чтобы топливо поступало в камеру сгорания в мелко распыленном виде и легко воспламенялось.

Воздушный фильтр устанавливается на впускном трубопроводе двигателя и очищает поступающий в цилиндры воздух. Выпускная система содержит трубопроводы, глушитель и часто оборудуется каталитическими нейтрализаторами и другими устройствами для снижения количества вредных веществ в отработавших газах.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА

Момент подачи топлива и его количество до недавнего времени контролировались в дизелях механическим способом. Эти функции выполнялись ТНВД и форсунками.

ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Первые ТНВД были похожи на миниатюрные рядные двигатели. Кулачковый вал, приводившийся в действие от коленчатого вала двигателя, с числом выступов, соответствующих числу цилиндров, воздействовал на серию плунжерных пар (поршневых насосов высокого давления) (рис. 2.89). С 1960 г. дизели легковых автомобилей используют ТНВД роторного типа. Роторный ТНВД представляет собой устройство с вращающимся кулачковым валом, имеющим один выступ, который воздействует на плунжерные пары, расположенные радиально, число которых также соответствует числу цилиндров двигателя. Такие насосы называются распределительными. Они отличаются от рядных компактностью и меньшей себестоимостью в производстве. Механические устройства (а в последнее время электронные), встроенные в насос, регулируют момент впрыска, поворачивая вперед или назад кулачко-

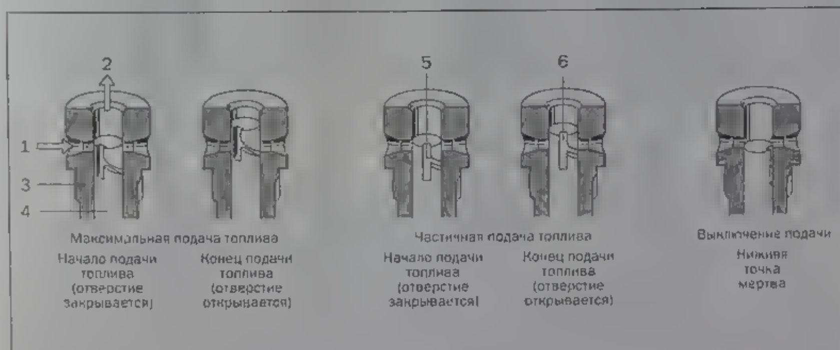


Рис. 2.89. **Регулирование подачи топлива в ТНВД с рядным расположением плунжерных пар:** 1 — из топливного канала, 2 — к форсунке; 3 — втулка; 4 — плунжер; 5 — нижняя регулирующая спиральная выемка; 6 — вертикальная канавка



Рис. 2.90. **Многоплунжерный ТНВД**

вый вал, и подачу топлива, с помощью отсечных клапанов, сбрасывающих давление, когда впрыснуто достаточное количество топлива. Следует отметить, что начало впрыскивания должно быть точно установлено по времени, в пределах ±1° поворота коленчатого вала, с целью поддержания оптимального расхода топлива и токсичности отработавших газов.

Плунжерная пара представляет собой поршень (плунжер) и цилиндр (втулка) небольшого размера. Плунжер и втулку изготавливают из высококачественной стали с высокой точностью и в процессе изготовления индивидуально притирают друг к другу, чтобы обеспечить минимальный зазор в сопряжении. Во втулке на разном уровне просверлены два отверстия. Через одно отверстие (впускное) топливо поступает, а через другое (выпускное) отводится. В многоплунжерном насосе число плунжерных пар равно числу цилиндров двигателя и каждая пара снабжает топливом определенный цилиндр (рис. 2.90).

Плунжерные пары установлены в корпусе ТНВД, в котором имеются каналы для подвода и отвода топлива. Каждый плунжер на боковой поверхности имеет специальную спиральную канавку — отсечную кромку. В нижней части корпуса ТНВД на подшипниках качения установлен кулачковый вал, который приводится от коленчатого вала двигателя. Все плунжеры

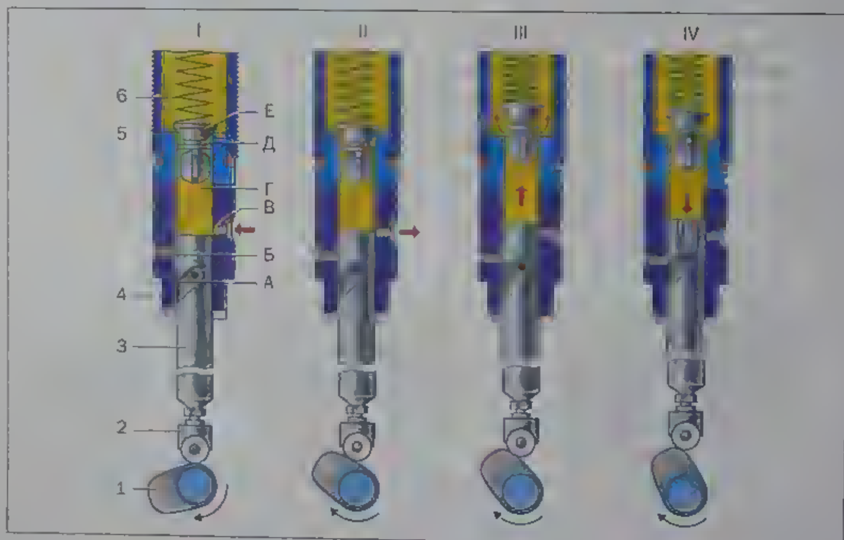


Рис. 2.91. **Схема работы плунжерной пары:** I — впуск топлива (наполнение); II — начало движения плунжера вверх; III — момент начала нагнетания; IV — момент отсечки подачи; А — отсечная кромка; Б — перепускное окно; В — впускное окно; Г — надплунжерное пространство; Д — разгрузочный поясок; Е — запорная часть клапана; 1 — кулачок; 2 — толкатель; 3 — плунжер; 4 — втулка плунжера; 5 — нагнетательный клапан; 6 — пружина клапана

с помощью пружин прижимаются к соответствующим кулачкам. При вращении кулачкового вала кулачки в определенной последовательности перемещают плунжеры внутри втулок. При движении плунжера вверх он сначала закрывает выпускное отверстие во втулке, а затем впускное (рис. 2.91).

Под давлением топлива открывается нагнетательный клапан, находящийся сверху гильзы, и топливо поступает через трубопроводы высокого давления к соответствующим форсункам (рис. 2.92).

Внутри форсунки расположена игла, которая сверху поджимается пружиной и закрывает топливу проход к отверстиям распылителя. Под действием давления топлива игла приподнимается, сжимая пружину, и топливо начинает впрыскиваться через распылитель в камеру сгорания. Процесс впрыскивания прекращается в момент, когда канавка отсечной кромки плунжера совпадет с выпускным отверстием в гильзе. В этот момент происходит резкое падение давления топлива и игла форсунки закрывает распылитель, не допуская подтекания топлива.

Если поворачивать плунжер внутри гильзы, то из-за наклона отсечной кромки будет изменяться момент окончания подачи топлива, а следовательно, и количество этого топлива. Для поворота плунжеров на каждом из них закреплена шестерня, находящаяся в зацеплении с зубчатой рейкой. Рейка связана механическим приводом с педалью акселератора. Поэтому нажатие педали вызывает перемещение рейки, которая одновременно поворачивает все плунжеры и изменяет количество топлива, поступающего в цилиндры двигателя. Для того чтобы заглушить дизель, необходимо прекратить подачу топлива. В этом случае все плунжеры поворачиваются в положение, при котором отсечная кромка постоянно соединяется с выпускным отверстием.

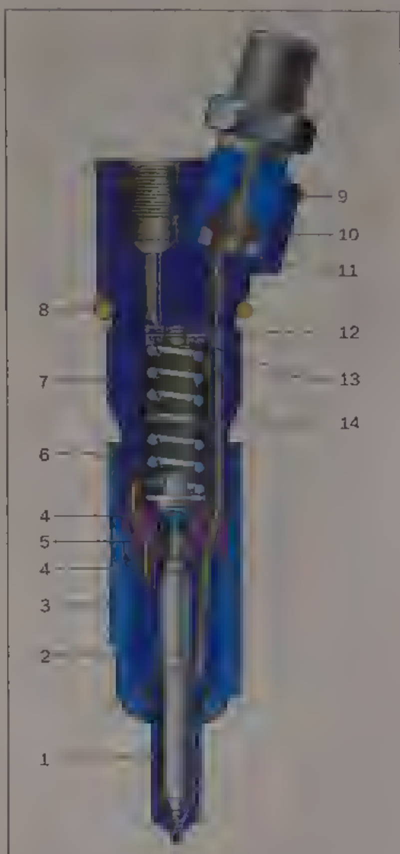


Рис. 2.92. **Конструкция многодырчатой форсунки**: 1 — корпус распылителя; 2 — игла; 3 — гайка; 4 — установочные штифты; 5 — проставка; 6 — штанга; 7 — корпус форсунки; 8 — уплотнительное кольцо; 9 — штуцер; 10 — фильтр; 11 — уплотняющая втулка; 12 — регулировочные прокладки; 13 — упорная прокладка; 14 — пружина

При изменении частоты вращения коленчатого вала необходимо изменять момент начала подачи топлива в цилиндры. С этой целью на кулачковом вале ТНВД установлена центробежная муфта опережения впрыскивания топлива. Внутри муфты имеются грузики, которые при увеличении оборотов коленчатого вала расходятся под действием центробежных сил и проворачивают кулачковый вал по фазе относительно привода. Увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя приводит к более раннему началу впрыскивания, а уменьшение — к более позднему.

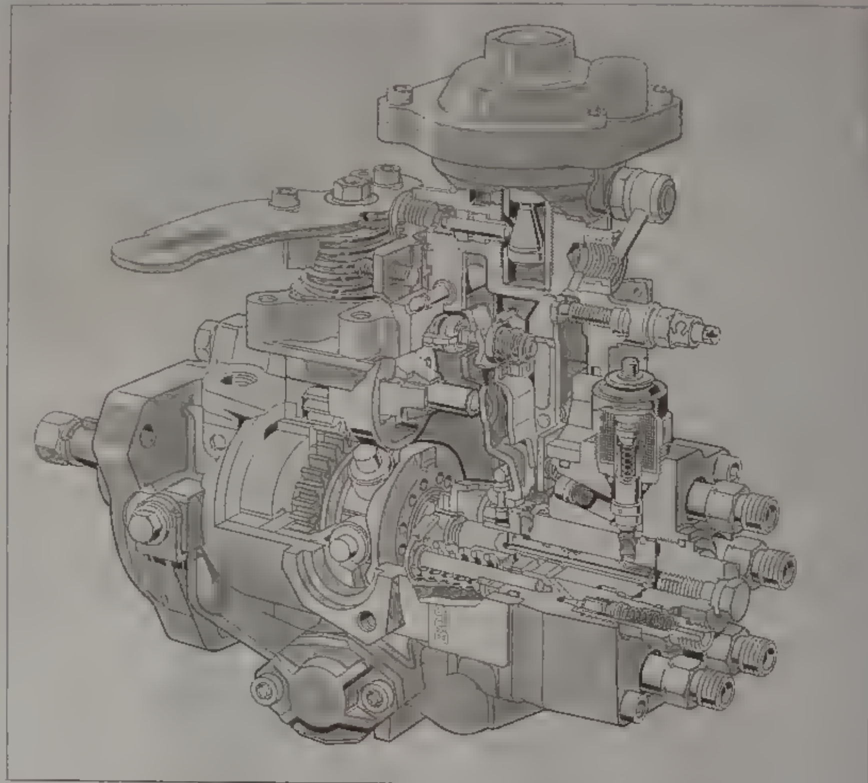


Рис. 2.93. **Распределительный ТНВД с аксиальным движением плунжера и компенсатором давления во впускном трубопроводе (LDA)**

В одноплунжерных ТНВД используется только одна плунжерная пара, а подача порций топлива к форсункам различных цилиндров дизеля осуществляется с помощью специального вращающегося распределителя. Такие насосы называются также распределительными (рис. 2.93). Распределительные ТНВД более компактны, их масса меньше, но плунжеру приходится работать с большей частотой ходов и долговечность таких насосов ниже.

СИСТЕМА ПИТАНИЯ COMMON RAIL

Следующим шагом в развитии систем топливоподачи дизелей является система Common Rail (рис. 2.94). Ее особенностью стало использование аккумуляторного узла (резервуара), который содержит распределительный трубопровод (общая рампа), линии подачи топлива и форсунки. ЭБУ по заданной программе передает управляющий сигнал к соленоиду форсунки, которая подает топливо в камеру сгорания двигателя. Использование здесь принципа разделения узла, создающего давление (насос высокого давления), и узла впрыскивания (электромагнитная форсунка) обеспечивает повышение точности управления процессом сгорания, а также увеличение давления впрыскивания (рис. 2.95).

Систему Common Rail, разработанную фирмой Bosch, отличают следующие особенности.



Рис. 2.94. **Система Common Rail**

— возможность установки системы без радикального изменения конструкции самого дизельного двигателя;
— давление топлива поддерживается на необходимом уровне, независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Это дает возможность увеличить величину крутящего момента при малых оборотах двигателя;
— управление системой осуществляется под контролем электроники, поэтому количество впрыскиваемого в цилиндры топлива дозируется более точно. Это улучшает процесс сгорания и снижает расход топлива;
— топливо впрыскивается под давлением около 135 МПа. Такое высокое давление обеспечивает получение очень мелко распыленного топлива, которое сгорает полнее и приводит к уменьшению вредных выбросов и снижению дымности отработавших газов. Еще более полное сгорание может быть обеспечено применением предварительного впрыска или многократного впрыска в течение одного такта;
— организация процесса впрыска с помощью электроники дает возможность существенно снизить шумность дизеля;

В отличие от других систем питания дизелей, управляющих работой кулачковых механизмов, система Common Rail является аккумуляторной системой, в которой топливо находится под высоким давлением в аккумуляторном узле (Rail).

Система Common Rail состоит из трех основных частей: контура низкого давления, контура высокого давления и системы датчиков.

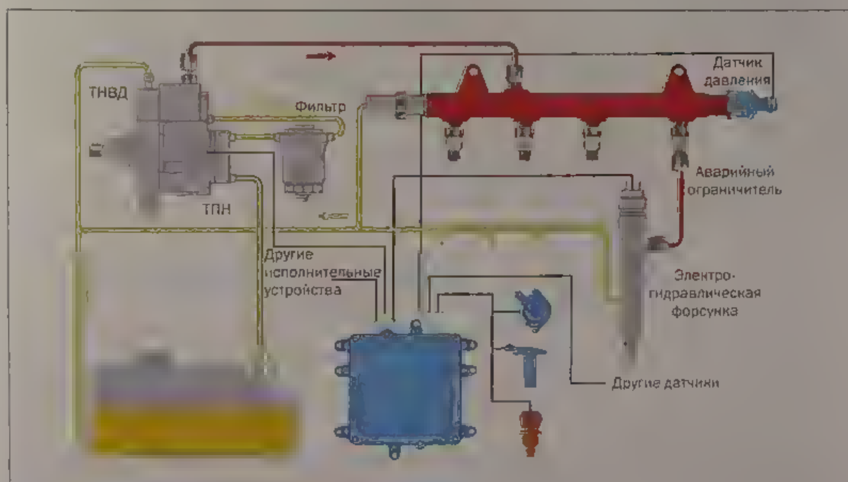


Рис. 2.95. **Схема работы системы Common Rail**

В контур низкого давления входят, топливный бак, подкачивающий насос, топливный фильтр и соединительные трубопроводы.

Контур высокого давления состоит из насоса высокого давления (заменяющего традиционный ТНВД) с контрольным клапаном, аккумуляторного узла высокого давления (рампы) с датчиком, контролирующим в ней давление, форсунок и соединительных трубопроводов высокого давления. Аккумуляторный узел представляет собой длинную трубу с поперечно расположенными штуцерами для подсоединения форсунок и выполнен двухслойным (внутренний слой изготовлен из химически инертного материала).

Электронный блок управления системы Common Rail получает электрические сигналы от следующих датчиков: положения коленчатого вала, положения распределительного вала, перемещения педали «газа», давления наддува, температуры воздуха, температуры охлаждающей жидкости, массового расхода воздуха и давления топлива в аккумуляторном узле.

Датчики определяют значения соответствующих физических величин, а ЭБУ на основе полученных сигналов вычисляет необходимое количество подаваемого топлива, дает команду на начало впрыска, определяет продолжительность открытия форсунки, корректирует параметры впрыска и управляет работой всей системы.

В контуре низкого давления подкачивающий насос засасывает топливо из бака, пропускает его через фильтр, в котором задерживаются загрязнения, и доставляет его к контуру высокого давления.

В контуре высокого давления насос высокого давления подает топливо в аккумуляторный узел, где оно находится при максимальном давлении 135 МПа с помощью контрольного клапана. Если контрольный клапан насоса высокого давления открывается по команде ЭБУ, топливо от насоса по сливному трубопроводу поступает в топливный бак. Каждая форсунка соединяется с аккумуляторным узлом отдельным трубопроводом высокого давления, а внутри форсунки имеется управляющий соленоид (электромагнитный клапан). При получении командного электрического сигнала от ЭБУ форсунка начинает впрыскивать топливо в соответствующий цилиндр. Впрыск топлива продолжается до тех пор, пока электромагнитный клапан форсунки не отключится по команде блока управления, который определяет момент начала впрыска и количество топлива, получая данные от датчиков и сравнивая полученные значения со специальной программой, заложенной в памяти компьютера. Кроме того, блок производит постоянный контроль работоспособности системы.

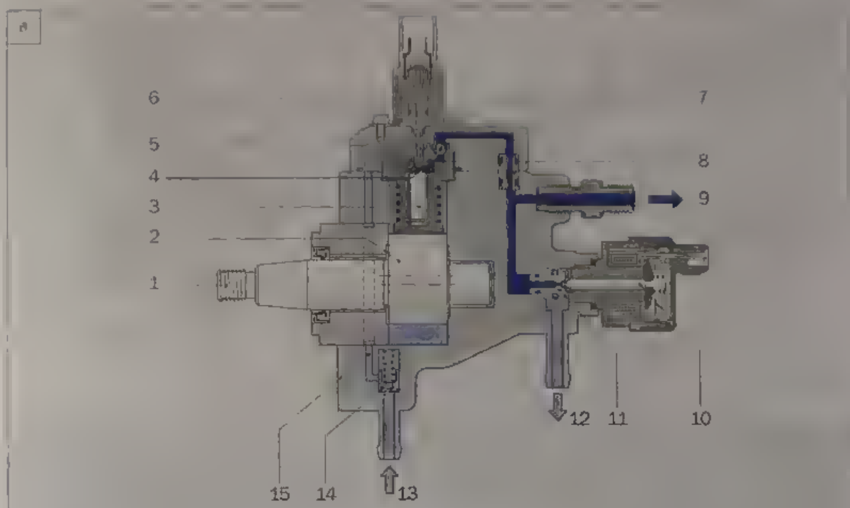
Поскольку в аккумуляторном узле топливо находится при постоянном и высоком давлении, это дает возможность впрыска небольших и точно отмеренных порций топлива. Появилась возможность впрыска предварительной порции топлива перед основной, что дает возможность значительно улучшить процесс сгорания.

УСТРОЙСТВО КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ COMMON RAIL

В качестве подкачивающего насоса используются электрические насосы, которые могут устанавливаться как внутри бака, так и в трубопроводе между баком и фильтром. Конструкция таких насосов сходна с электрическими бензонасосами, которые применяют в системах впрыска. При отключении питания электродвигателя насоса топливо перестает поступать к двигателю и он глохнет.

Топливоподкачивающий насос объединяет в себе электродвигатель и роликовый насос. Топливо протекает через электродвигатель и охлаждает его. Насосы, расположенные внутри бака, лучше охлаждаются и, как правило, имеют меньшие размеры. На выходе из насоса имеется обратный клапан, необходимый для обеспечения стекания топлива из трубопровода обратно в бак. В системе могут использоваться и другие топливоподкачивающие насосы, например шестеренные.

Насос высокого давления этой системы располагается в подкапотном пространстве автомобиля, обычно в том же месте, где и ТНВД. Насос создает высокое давление, необходимое для впрыска топлива на всех режимах работы дизеля.



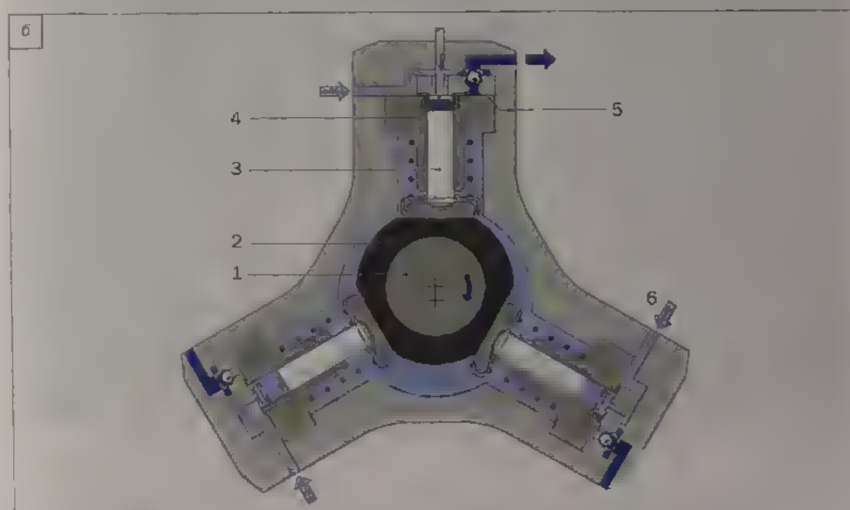


Рис. 2.96. **Схема устройства ТНВД: а — продольный разрез:** 1 — вал привода; 2 — эксцентриковый кулачок; 3 — плунжер со втулкой; 4 — камера над плунжером; 5 — впускной клапан; 6 — электромагнитный клапан отключения плунжерной секции; 7 — выпускной клапан; 8 — уплотнение; 9 — штуцер магистрали, ведущей к аккумулятору высокого давления; 10 — клапан регулирования давления; 11 — шариковый клапан; 12 — магистраль обратного слива топлива; 13 — магистраль подачи топлива к ТНВД; 14 — защитный клапан с дроссельным отверстием; 15 — перепускной канал низкого давления. **б — поперечный разрез:** 1 — вал привода; 2 — эксцентриковый кулачок; 3 — плунжер с втулкой; 4 — впускной клапан; 5 — выпускной клапан; 6 — подача топлива



Рис. 2.97. **Аккумуляторный узел системы Common Rail**



Рис. 2.98. **Клапан контроля давления**

Рис. 2.99. **Форсунки системы Common Rail дизеля BMW**

Насос высокого давления (рис. 2.96) приводится в действие от коленчатого вала двигателя посредством зубчатой, цепной или ременной передачи. Насос смазывается и охлаждается самим топливом. На входе в насос установлен предохранительный клапан, не допускающий падения давления в системе.

Три плунжера приводятся в действие эксцентриком, установленным на вале насоса. При движении плунжера вниз под действием пружины открывается клапан и топливо заполняет пространство над плунжером. При ходе плунжера вверх клапан закрывается и топливо сжимается плунжером.

Аккумуляторный узел (рис. 2.97) является общим для всех цилиндров двигателя. Применение аккумуляторного узла соответствующего объема снижает пульсации давления топлива. Для того чтобы максимально снизить пульсации давления, объем рампы должен быть как мож-

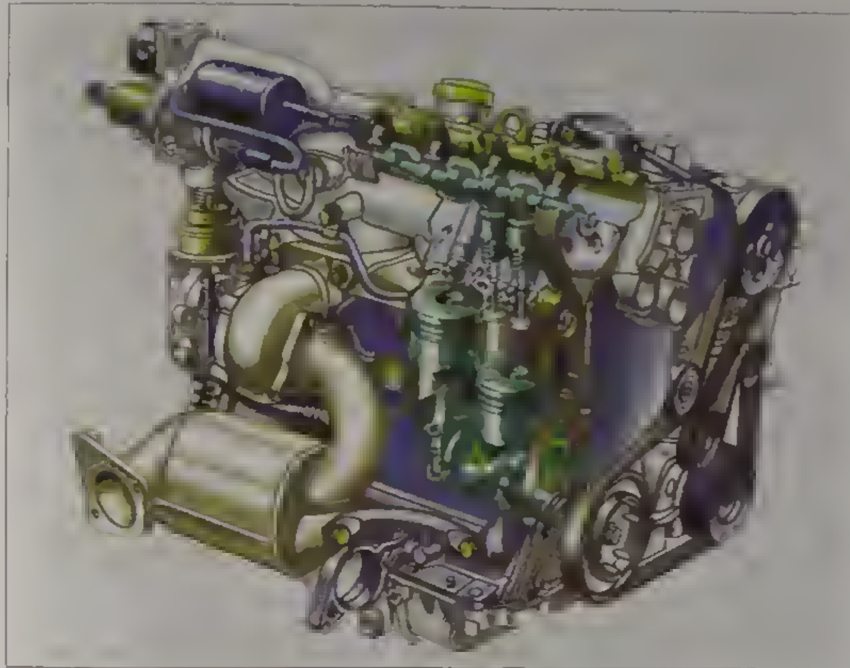


Рис. 2.100. **Турбодизель Renault объемом 1,9 л с системой Common Rail был выпущен в 2000 г. Топливная «рейка» (обозначена желтым) установлена параллельно распределительному валу**

но большим, хотя, с другой стороны, это может привести к задержке при заполнении этого узла топливом, а следовательно, к задержке пуска двигателя. В связи с этим конструкторам приходится идти на определенный компромисс. Изготавливается узел из высокопрочной стали.

Контрольный клапан давления (рис. 2.98) управляется компьютером, входящим в блок управления, и поддерживает постоянное давление в аккумуляторном узле. Применяются два варианта установки клапана: на насосе высокого давления или непосредственно на аккумуляторном узле.

Седло клапана закрыто шариком, на который с одной стороны воздействует давление топлива, а с другой — суммарная сила от пружины сердечника клапана и электромагнита. Электромагнит управляется переменным током от блока управления. При увеличении давления топлива сверх заданной величины клапан открывается и топливо сбрасывается в сливную магистраль, уменьшая давление в аккумуляторном узле.

На основе сигнала от датчика давления ЭБУ определяет давление в аккумуляторном узле.

В форсунках двигателя имеются электромагниты, которые управляют работой этих форсунок, получая электрические сигналы от ЭБУ (рис. 2.99).

Распылитель форсунки закрыт иглой, которая прижимается к седлу распылителя за счет совместного действия усилия сжатия пружины и силы давления топлива. Электромагнитный клапан служит только для управления давлением топлива, и при подаче электрического тока на его обмотку уменьшает силу давления, препятствующую поднятию иглы форсунки и началу процесса впрыска. При отключении электромагнита форсунка закрывается и впрыск топлива прекращается. Топливо, просачивающееся из форсунки, попадает в сливную магистраль.

В последнее время все большее применение на грузовых автомобилях и автобусах находит система подачи топлива HEUT (Hydraulically Actuated Unit Ignition) — электронная гидравлическая система впрыска. Основным узлом системы HEUT является насос-форсунка: кулачковый вал привода исполнительных механизмов насос-форсунок здесь заменен гидроприводом. Масло подается в насос-форсунку по специальной магистрали из системы смазки двигателя под давлением около 25 МПа. Попадая в насос-форсунку, масло воздействует на соответствующий масляный плунжер, перемещающий топливный плунжер. Этот плунжер из-за своего меньшего диаметра создает высокое давление впрыска (свыше 160 МПа), что дает возможность добиться лучшего распыления топлива и оптимизации его смешивания с воздухом. В отличие от других систем давление в системе HEUT абсолютно не зависит от частоты вращения двигателя и обеспечивает подачу топлива в камеру сгорания в нужный момент времени и в оптимальном количестве.

§ 15

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ГАЗОВЫМ ТОПЛИВОМ

Двигатели газобаллонных автомобилей могут работать на различных природных и промышленных газах, которые могут находиться как в сжатом, так и в сжиженном виде в специальных баллонах.

В основном в качестве такого газа используется метан. В баллонах сжатый газ находится под давлением порядка 20 МПа.

Сжиженный газ — это, как правило, смесь пропана и бутана, находится в жидком состоянии в баллоне при более низком давлении порядка 1,6–2 МПа. Сжиженный газ в баллоне не должен занимать весь объем, часть газа должна находиться в газообразном состоянии, чтобы не произошло разрушения баллона при увеличении объема жидкости вследствие нагрева.

По сравнению с жидким нефтяным топливом газ обладает некоторыми преимуществами при использовании его в качестве топлива для ДВС. Во-первых, газ дешевле жидкого топлива. Во-вторых, он лучше смешивается с воздухом, образуя однородную горючую смесь, и обеспечивает более полное сгорание, поэтому в отработавших газах газобаллонных автомобилей содержится меньше вредных веществ. Кроме того, газ в отличие от бензина не разжижает моторное масло, а это гарантирует уменьшение износа деталей двигателя. Антидетонационная стойкость газа выше, чем бензина. В то же время смесь газа с воздухом имеет меньшую теплоту сгорания и стандартный двигатель при работе на газе будет иметь меньшую мощность, чем тот же двигатель при работе на жидком топливе. Несмотря на некоторые недостатки, газобаллонные автомобили получают все большее распространение в мире.

Перед тем как подать газ в камеру сгорания, нужно снизить его давление, для чего используют специальные редукторы. Сжиженный газ предварительно переводится в газообразное состояние с помощью испарителя — специального теплообменника, подключенного к системе охлаждения двигателя.

Все больше известных производителей автомобилей серийно выпускают модели, предназначенные для эксплуатации на двух видах топлива — жидком и газообразном (Volvo, BMW, FIAT, Rover и др.). На этих автомобилях параллельно устанавливаются две системы питания — для жидкого топлива и для газа (рис. 2.101). Водитель может с помощью контрольного устройства переключать работу двигателя на тот или другой вид топлива и определять остаток любого топлива с помощью контрольных приборов.



Рис. 2.101. **Автомобиль BMW 316 g может работать на бензине и сжиженном газе**



Рис. 2.102. **Емкость для газа производства компаиии Ford Motors**

Необходимо размещать газовые баллоны в безопасном месте, чтобы они не были повреждены в случае аварии. Иногда баллоны устанавливают в багажном отделении легковых автомобилей, но располагают их при этом как можно дальше от задней части автомобиля, которая может подвергнуться удару при аварии. На грузовых автомобилях баллоны для сжатого газа обычно размещают между рамой и грузовой платформой. У автобусов баллоны могут располагаться на крыше. Некоторые производители изготавливают емкости для газового топлива из композитных материалов специальной формы для лучшего использования объема багажника (рис. 2.102).

§ 16

НАДДУВ ДВС

Одним из способов повышения мощности двигателя внутреннего сгорания является увеличение количества поступающего в цилиндры воздуха. Подача в двигатель воздуха при положительном давлении называется наддувом. В настоящее время зарубежными фирмами производится от 50 до 90 % двигателей с наддувом от общего объема выпускаемых двигателей.

В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод, и турбонаддув, при котором компрессор приводится в действие турбиной благодаря энергии отработавших газов. Турбокомпрессоры получили наибольшее распространение.

В турбокомпрессоре используются центробежные насосы. Под действием центробежных сил, вызванных вращением колеса с лопатками, воздух отбрасывается к периферии колеса, а в его центре создается разрежение, что обеспечивает всасывание воздуха (рис. 2.103). Для эффективной работы турбокомпрессора частота вращения колеса компрессора должна быть очень высокой не менее 50–100 тыс. мин$^{-1}$.

При работе ДВС из выпускного трубопровода под давлением выбрасываются продукты сгорания, которые имеют высокую температуру. Поток газов приводит во вращение колесо турбины, которое передается закрепленному на общем вале колесу компрессора.

Для достижения фазы наддува, т. е. момента, когда давление воздуха на впуске превысит атмосферное, необходимо, чтобы была достигнута определенная частота вращения турбины (не менее 60 000 мин$^{-1}$). При малых оборотах двигателя турбокомпрессор работает в дежурном режиме (частота 5 000–10 000 мин$^{-1}$). Необходимо учитывать, что наличие турбины в выпускном тракте создает сопротивление выходу отработавших газов.

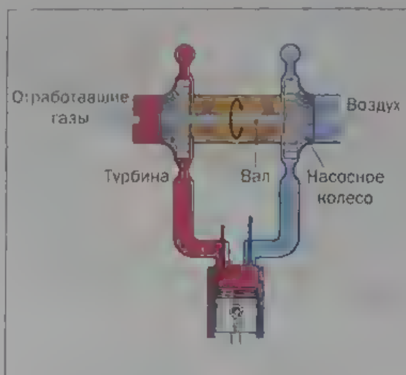


Рис. 2.103. **Схема работы турбокомпрессора**

Существует две проблемы, связанные с наддувом двигателей. Первая заключается в том, что давление наддува увеличивает степень сжатия двигателя и увеличивает склонность двигателя к детонации. Вторая проблема связана с тем, что чем больше частота вращения коленчатого вала, тем больше образуется отработавших газов и тем быстрее вращается компрессор, увеличивая количество воздуха, поступающего в цилиндры. Это приводит к увеличению мощности двигателя и одновременному увеличению количества отработавших газов с последующим ростом числа оборотов турбины. Если не предусмотреть специальных мер, этот процесс приведет к разрушению деталей двигателя или турбокомпрессора.

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА



Рис. 2.104. **Турбокомпрессор с промежуточным охлаждением**

Известно, что сжатие воздуха приводит к повышению его температуры. В современных наддувных двигателях часто применяют промежуточное охлаждение поступающего от турбокомпрессора воздуха (рис. 2.104). С этой целью воздух, сжатый в турбокомпрессоре, поступает в специальный теплообменник, в котором воздух охлаждается до температуры 50–60 °С. Охлаждение воздуха дает возможность улучшить наполнение цилиндров за счет увеличения плотности воздуха и снизить вероятность возникновения детонации. Охлаждение воздуха повышает мощность двигателя с наддувом примерно на 20 % при одновременном улучшении топливной экономичности.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАДДУВА

Принцип регулирования заключается в ограничении частоты вращения турбокомпрессора после достижения необходимого давления наддува. С этой целью используется специальный перепускной клапан, который ограничивает количество отработавших газов, проходящих через турбину (рис. 2.105).

В системе выпуска перед турбиной имеется обводной (байпасный) канал, который дает возможность отработавшим газам миновать турбину. Этот канал открывается перепускным клапаном. Чувствительным элементом клапана является подпружиненная мембрана, на которую воздействуют две противоположно направленные силы: сила сжатия пружины и давление воздуха после турбокомпрессора. При достижении заданного давления надду-

ва мембрана прогибается, сжимая пружину, а соединенный с мембраной клапан открывает обводной канал. Давление наддува можно отрегулировать предварительным сжатием пружины.

В современных двигателях с турбонаддувом (рис. 2.106) максимальное давление наддува регулируется системой управления двигателем. Компьютер получает сигнал от датчика абсолютного давления, сравнивает его с величиной номинального значения давления, содержащимся в памяти, и управляет электромагнитным перепускным клапаном. Работа электромагнитного клапана корректируется в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов двигателя.

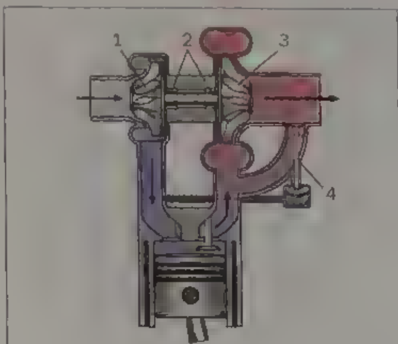


Рис. 2.105. **Регулирование наддува:** 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора; 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

Рис. 2.106. **Турбокомпрессор Garret:** 1 — лопатки турбины; 2 — корпус турбины; 3 — тепловая защита; 4 — корпус подшипников; 5 — упор; 6 — защитная пластина; 7 — корпус компрессора; 8 — диффузор; 9 — клапан; 10 — насос компрессора; 11 — уплотнение; 12 — подшипник; 13 — втулка подшипника; 14 — заслонка

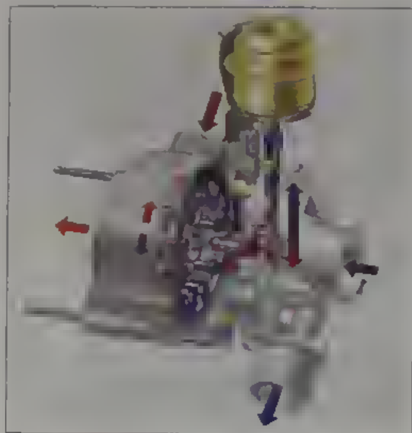


Рис. 2.107. **Схема работы турбокомпрессора с изменяемой геометрией**

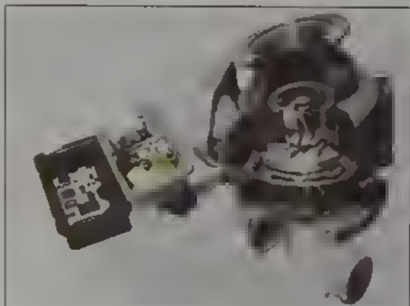


Рис. 2.108. **Внешний вид турбокомпрессора с изменяемой геометрией**

Очень важный вопрос — выбор правильного размера турбины для конкретного двигателя. В первых двигателях с турбонаддувом для легковых автомобилей 1970-х гг. использовались готовые конструкции, разработанные, как правило, для дизелей больших грузовых автомобилей. Такие устройства давали хороший результат для увеличения максимальной мощности, но были неэффективными для получения большого крутящего момента в среднем диапазоне частот вращения двигателя, т. е. для получения достаточной приемистости автомобиля. Большие турбины требовали некоторого времени на «раскрутку», когда при небольших нагрузках открывалась дроссельная заслонка, что приводило к задержке нарастания давления наддува. Этот эффект получил название турбоямы.

Большинство современных турбокомпрессоров легковых автомобилей имеют небольшие размеры и высокую частоту вращения.

Для того чтобы увеличить диапазон частот вращения двигателя, при которых турбонаддув обеспечивает повышение давления, применяются по два турбокомпрессора на одном двигателе. Один турбокомпрессор работает при низких оборотах, а второй при высоких. В последних поколениях наддувных двигателей стали применяться турбокомпрессоры с переменной геометрией (рис. 2.107), которые сохраняют высокую скорость газов при малых нагрузках, так что турбина всегда вращается с нужной скоростью. В таких турбокомпрессорах поток направляемых на турбину газов управляется с помощью специальных поворачивающихся заслонок. Одновременный поворот заслонок производится с помощью штока вакуумной камеры. Разрежение в камере регулируется электромагнитным клапаном по сигналу компьютера.

Компания DaimlerChrysler, которая на своих автомобилях Mercedes в течение продолжительного времени применяла механический наддув, сейчас использует турбокомпрессор с изменяемой геометрией, в котором поворот заслонок осуществляется с помощью электродвигателя (рис. 2.108).

При работе системы турбонаддува происходит сильный нагрев турбины, а компрессор остается сравнительно холодным. Очень важным узлом, определяющим долговечность турбокомпрессора, является узел подшипников вала. Обычно масло для смазки подшипников подается под давлением из системы смазки двигателя. Иногда для повышения работоспособности наддува применяют охлаждение корпуса турбины жидкостью из системы охлаждения двигателя. После продолжительного движения на высокой скорости автомобиля с турбонаддувом турбина мо-



Рис. 2.109. **Дизельный двигатель с турбонаддувом**

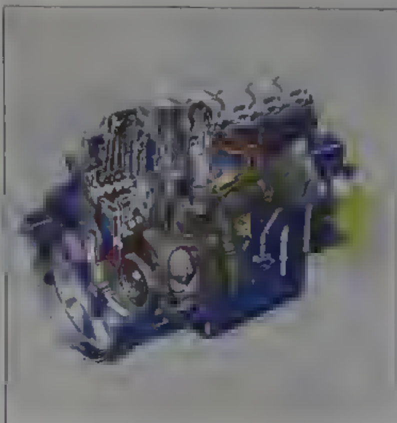


Рис. 2.110. **Турбокомпаундный двигатель Scania**

жет раскрутиться до высоких скоростей (сотни тысяч оборотов в минуту). После остановки двигателя турбокомпрессор останавливается не сразу, а масло уже не поступает к подшипникам Чтобы не произошло повреждения подшипников, рекомендуется перед выключением двигателя дать ему возможность некоторое время поработать на холостом ходу.

Очень хорошо система турбонаддува работает в дизелях. Отработавшие газы в дизеле холоднее, чем в бензиновых двигателях, что облегчает работу турбокомпрессора, и, кроме того, в дизеле не существует опасности возникновения детонации. Поэтому неслучайно, что турбонаддув устанавливается почти на всех современных дизельных двигателях легковых автомобилей (рис. 2.109).

В многоцилиндровых двигателях с большим рабочим объемом некоторых грузовых автомобилей отработавшие газы продолжают обладать большой энергией, даже после прохождения турбокомпрессора. Эту энергию можно использовать для дальнейшего повышения мощностных характеристик двигателя, создавая так называемые турбокомпаундные двигатели (рис. 2.110). В таком двигателе часть энергии отработавших газов используется для раскручивания дополнительной турбины, которая через гидравлическую муфту связана с коленчатым валом. Такая конструкция дает возможность, увеличить крутящий момент на вале двигателя.

МЕХАНИЧЕСКИЙ НАДДУВ

Механический наддув появился раньше турбонаддува, но до настоящего времени остается альтернативой турбонаддуву. Частота вращения насоса-компрессора любой механической системы наддува прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала (поскольку приводится от него). Поэтому и количество воздуха при наддуве пропорционально частоте вращения. При этом исключаются высокие температуры и задержки наддува. С другой стороны, системы механического наддува занимают больше места, требуют специального привода (обычно зубчатый ремень) и сильно шумят. В качестве насосов в системе механического наддува могут использоваться различные устройства, но наибольшее распространение получили нагнетатели типа Ruts (рис. 2.111; 2.112).

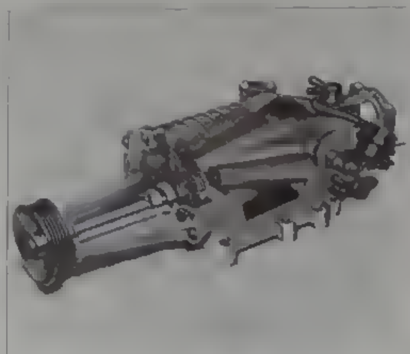


Рис. 2.111. **Система механического наддува с нагнетателем типа Ruts**



Рис. 2.112. **Двигатель с системой механического наддува**

§ 17

ЗАЖИГАНИЕ В ДВИГАТЕЛЯХ

Работоспособность бензинового двигателя зависит не только от своевременной подачи в его цилиндры топливно-воздушной горючей смеси и последующего удаления продуктов сгорания, но и воспламенения в нужный момент горючей смеси от искры с помощью системы зажигания. Искра проскакивает между электродами свечи зажигания (рис. 2.113). Свеча вворачивается в резьбовое отверстие, выполненное в головке блока.

Свечи зажигания за многие годы своего существования принципиально мало изменились, но за счет применения новейших материалов и современных технологий стали более надежными и долговечными. Некоторые свечи с платиновыми электродами могут прослужить до 100 тыс. км пробега автомобиля.

Для того чтобы между электродами свечи зажигания (рис. 2.114) проскочила искра, на нее нужно подать высокое напряжение (не менее 20 000 В). На автомобилях, в которых используются источники электрического тока с напряжением 12 В, для получения высокого напряжения применяется катушка зажигания — трансформатор с двумя обмотками (первичной и вторичной), отличающимися числом витков.

Катушка зажигания (рис. 2.115) имеет внутренний сердечник. Вторичная обмотка, имеющая большее число витков, намотана вокруг сердечника. Один ее конец соединен с центральным выводом катушки, а второй — с низковольтной клеммой. Первичная обмотка (с меньшим числом витков) намотана поверх вторичной, и ее выводы соединены с низковольтными клеммами.

На вторичной обмотке катушки зажигания высокое напряжение возникает после того, как через первичную обмотку пройдет импульс тока низкого напряжения.

Момент опережения зажигания является весьма важным параметром и должен регулироваться в соответствии с изменениями оборотов и нагрузки двигателя. На первых автомобильных двигателях опережение зажигания регулировалось вручную, для чего на приборном щитке автомобиля располагалась специальная рукоятка. Затем на смену ручному регулятору пришел распределитель зажигания (рис. 2.116).

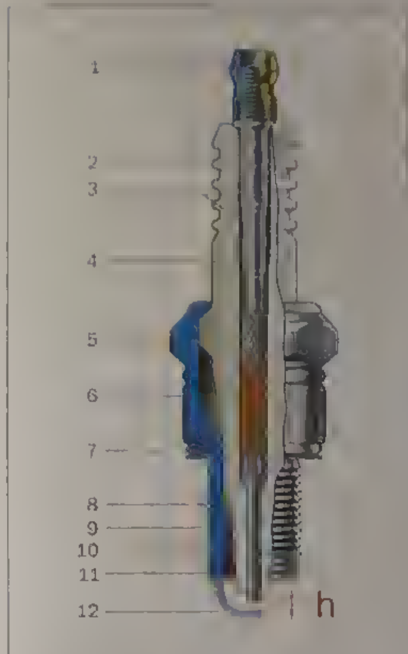


Рис. 2.113. **Свеча зажигания бензинового двигателя:** 1 — контактная гайка; 2 — оребрение изолятора (барьеры для тока утечки); 3 — контактный стержень; 4 — керамический изолятор; 5 — металлический корпус; 6 — токопроводящий стеклогерметик; 7 — уплотнительное кольцо; 8 — теплоотводящая шайба; 9 — центральный электрод; 10 — тепловой конус изолятора; 11 — рабочая камера; 12 — боковой электрод «масса»; h — искровой зазор



Рис. 2.114. **Рабочая часть свечи зажигания с платиновыми электродами**

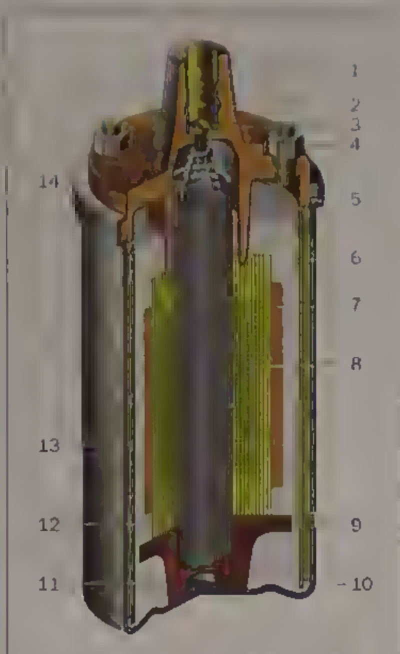


Рис 2.115. **Конструкция катушки зажигания:** 1 — крышка; 2 — контактное гнездо; 3 — винт; 4 — вывод низкого напряжения; 5 — уплотнительная прокладка; 6 — кольцевой магнитопровод; 7 — первичная обмотка; 8 — вторичная обмотка; 9 — фарфоровый изолятор; 10 — кожух катушки; 11 — трансформаторное масло; 12 — сердечник; 13 — картонная прокладка; 14 — контактная пружина

Под крышкой распределителя, в которую уходит один высоковольтный провод от катушки зажигания и выходит несколько проводов, по одному к каждой свече зажигания, расположен центробежный механизм. В этом механизме имеется два грузика, уравновешенные пружинами, которые расходятся при вращении вала распределителя и увеличивают угол опережения зажигания при увеличении оборотов двигателя путем поворота опорной пластины, на которой расположены контакты прерывателя системы зажигания. В допол-

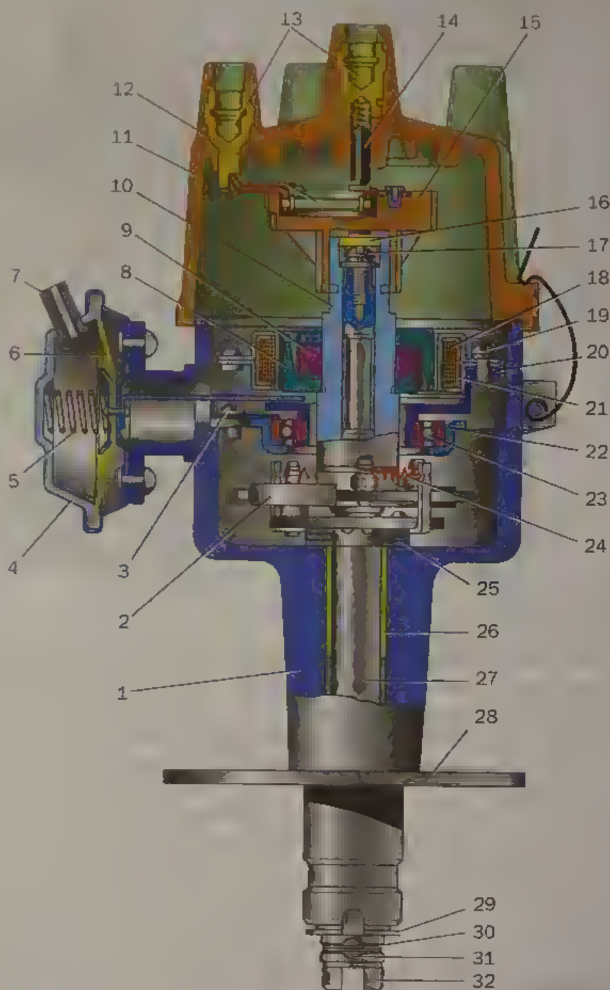


Рис. 2.116. **Конструкция датчика-распределителя зажигания:** 1 — корпус; 2 — грузик центробежного регулятора; 3 — винт крепления подшипника; 4 — вакуумный регулятор; 5 — пружина вакуумного регулятора; 6 — диафрагма; 7 — штуцер; 8 — магнитопровод ротора; 9 — постоянный магнит; 10 — ротор; 11 — крышка; 12 — помехоподавительный резистор; 13 — выводы; 14 — центральный контакт; 15 — бегунок; 16 — фильц; 17 — винт крепления ротора; 18 — обмотка статора; 19 — винт крепления статора; 20 — статор; 21 — магнитопровод обмотки статора; 22 — опора статора; 23 — подшипник; 24 — пружина грузика; 25 — упорные шайбы; 26 — втулка; 27 — валик; 28 — пластина октан-корректора; 29 — шайба; 30 — пружинное кольцо; 31 — штифт; 32 — муфта привода

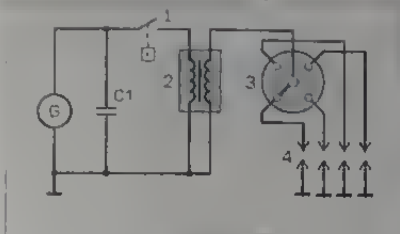


Рис. 2.117. **Схема контактной системы зажигания:** G — источник энергии (генератор или аккумуляторная батарея); C1 — конденсатор; 1 — прерыватель; 2 — катушка зажигания; 3 — распределитель зажигания; 4 — искровые свечи

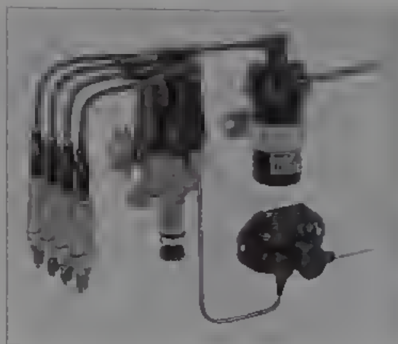


Рис. 2.118. **Бесконтактная система зажигания Bosch**

нение к этому устанавливается вакуумный регулятор, который изменяет момент зажигания в соответствии с нагрузкой (чем выше нагрузка, тем ниже давление во впускном трубопроводе).

Такая конструкция просуществовала довольно долго. Со временем, механическую контактную систему зажигания (рис. 2.117) заменили на более надежную, бесконтактную (рис. 2.118). В этой системе распределитель зажигания заменен на датчик-распределитель

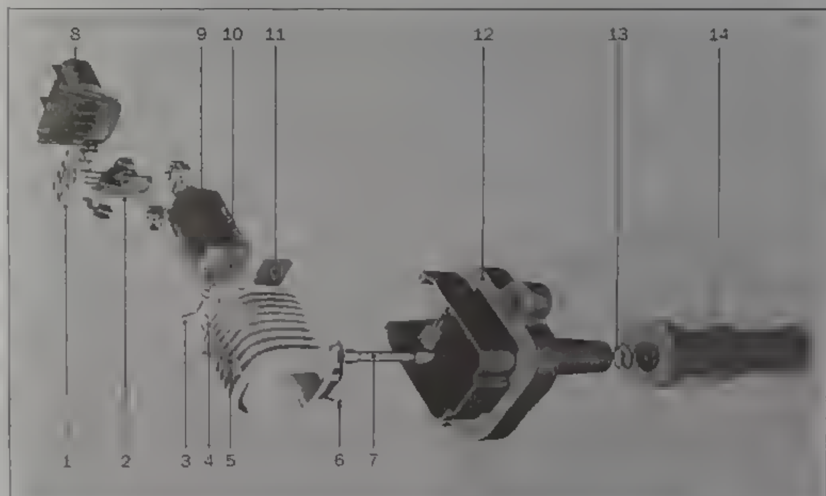


Рис. 2.119. **Индивидуальная катушка зажигания:** 1 — печатная плата; 2 — задающий каскад; 3 — диод EFU; 4 — элемент вторичной обмотки; 5 — провод вторичной обмотки, 6 — контактная металлическая пластина; 7 — стержень высокого напряжения; 8 — разъем первичной цепи; 9 — провод первичной обмотки; 10 — I-образный сердечник (внутренний); 11 — постоянный магнит; 12 — о-образный сердечник (внешний); 13 — пружина; 14 — силиконовая изолирующая оболочка

и коммутатор. Датчик-распределитель выдает управляющие импульсы низкого напряжения и распределяет импульсы высокого напряжения по отдельным свечам зажигания. Работа бесконтактного датчика основана на использовании эффекта Холла. В этой системе еще существовали механические детали, которые не обеспечивали высокой надежности.

В современных двигателях механический распределитель уступил место электронным системам. Сейчас его функцию выполняют или отдельные электронные модули, или, чаще, электронный блок управления. Катушки зажигания индивидуальные для каждого цилиндра, иногда для пары цилиндров (рис. 2.119). Это позволяет обойтись без высоковольтных проводов, повысить напряжение и увеличить надежность системы зажигания. Получение каждого искрового разряда производится по электронным сигналам с очень высокой точностью и без использования каких-либо подвижных частей. Во многих двигателях искра образуется не только во время такта сжатия (это значит, что каждая свеча генерирует искровой разряд каждый раз, когда поршень доходит до ВМТ). Содержание вредных компонентов в отработавших газах при этом несколько снижается.

§ 18

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Самые первые автомобили не имели источников электрического тока. Для получения искры в системе зажигания использовали магнето, которые не нуждаются во внешнем источнике энергии. В качестве осветительных приборов использовались ацетиленовые фонари. Двигатель пускали вручную с помощью заводной рукояти. Со временем на автомобили стали устанавливать аккумуляторные батареи, которые использовались как источники электрического тока для освещения, пуска двигателя с помощью стартера, привода стеклоочистителей и других электропотребителей и, наконец, для работы всех систем автомобиля при неработающем двигателе или при малой частоте его вращения.



Рис. 2.120. **Аккумуляторная батарея**

В качестве автомобильных аккумуляторных батарей в основном применяются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, собранные из отдельных аккумуляторов-секций (рис. 2.120).

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи тяжелые и не самые эффективные из существующих на сегодняшний день, но они относительно дешевы и способны в течение короткого времени отдавать ток в несколько сотен ампер, необходимый для питания электрического стартера. Свинцово-кислотный аккумулятор состоит из свинцовых электродов, погруженных в емкость с раствором серной кислоты (электролитом). В результате взаимодействия электродов с электролитом на них возникает разность потенциалов. Отдельный аккумулятор имеет напряжение около 2 В. Для того чтобы получить напряжение, необходи-

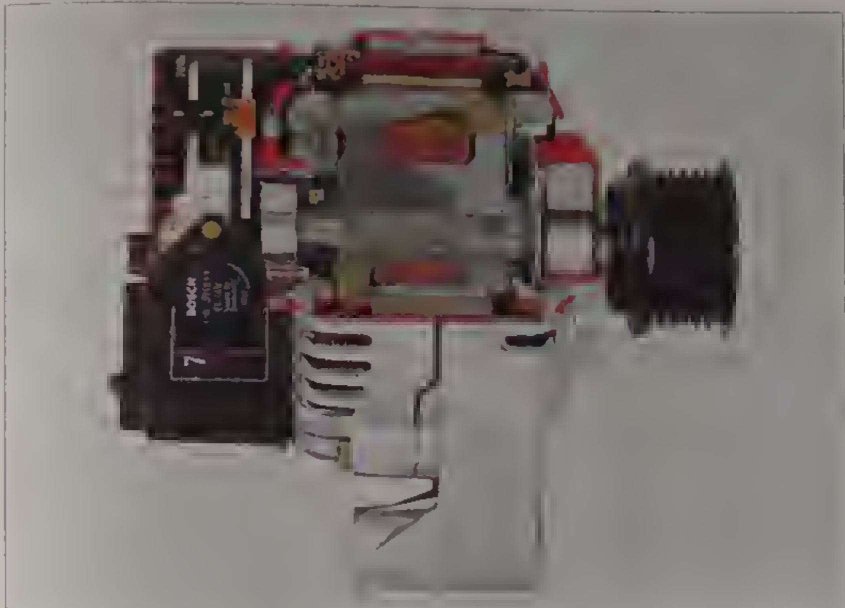


Рис. 2.121. **Генератор переменного тока**

мое для питания электрической сети автомобиля, аккумуляторы соединяют последовательно и собирают в аккумуляторную батарею. Напряжение бортовой сети легковых автомобилей составляет 12 В. Для получения этого напряжения соединяют последовательно шесть отдельных аккумуляторов. На некоторых грузовых автомобилях с дизельным двигателем в бортовой электрической сети используют напряжение 24 В. Для пуска дизелей требуется более высокое напряжение, которое необходимо для работы более мощного стартера. На таких автомобилях используют две соединенные последовательно аккумуляторные батареи с напряжением 12 В.

При разряде аккумуляторной батареи плотность электролита падает. При зарядке аккумуляторной батареи к ее выводам подводится электрический ток. Батарея заряжается, а плотность электролита повышается.

Для зарядки аккумуляторов и питания всех потребителей тока при движении потребовались генераторы электрического тока. Сначала применялись генераторы постоянного тока, а после появления надежных полупроводниковых выпрямителей они были вытеснены более эффективными генераторами переменного тока (рис. 2.121).

Генераторы переменного тока мощнее, обеспечивают возможность зарядки аккумулятора при малых оборотах двигателя, но требуется специальный выпрямитель, чтобы преобразовать переменный ток в постоянный. Для поддержания постоянной величины напряжения (примерно 14 В) независимо от оборотов двигателя используются регуляторы напряжения. Современные электронные регуляторы имеют небольшие размеры и, как правило, устанавливаются непосредственно на генераторе.

В автомобилях используется однопроводная схема электрооборудования. Вторым проводом («масса») служит металлический кузов автомобиля. На большинстве автомобилей с «массой» соединяется отрицательный полюс источников тока.

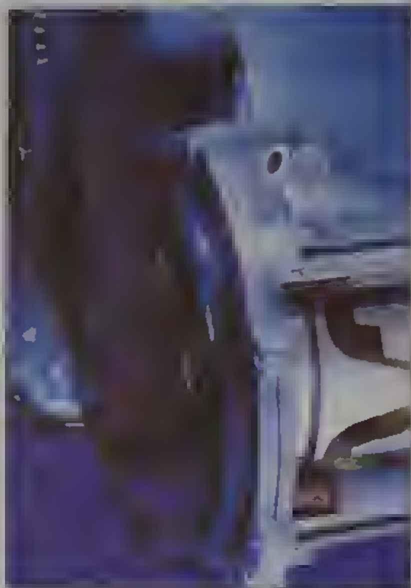


Рис. 2.122. **Генератор с жидкостиым охлаждением**

По мере совершенствования конструкции автомобиля появляется все больше потребителей электрического тока, а также много новых электронных систем, сервоприводов с электродвигателями и т. д. Разрабатываются электрические усилители рулевого управления, тормозные механизмы с электроприводом и др.

Мощности применяемых сегодня генераторов переменного тока, питающих электрооборудование автомобиля напряжением 14 В, которое требуется для зарядки 12-вольтовых аккумуляторных батарей, становится недостаточно. Потребная мощность источника электрического тока на современных автомобилях доходит до 2 кВт. Существующие генераторы с трудом справляются с возросшей нагрузкой. Компания BMW разработала генератор с жидкостным охлаждением, включенным в систему охлаждения двигателя (рис. 2.122).

Перспективный путь состоит в том, чтобы поднять выходную мощность генератора переменного тока как минимум до 5 кВт. На сегодняшний день является практически решенным вопрос о переходе на электрооборудование автомобиля с напряжением 36 вместо 12 В, а генераторы переменного тока будут работать с напряжением 42 вместо 14 В. Практически это максимально высокое напряжение, которое можно использовать без дополнительных мер безопасности.



Рис. 2.123 **Разрез стартера**

Перевод электрических систем на 36 В требует применения специальных аккумуляторных батарей. Это сделать не так трудно, т. к. все батареи, вне зависимости от их напряжения, состоят из соответствующего числа отдельных аккумуляторов. Кроме того, разрабатываются более эффективные аккумуляторы и батареи на топливных элементах (см. гл. 8).

Сейчас пуск двигателей производится с помощью электрических стартеров (рис. 2.123), которые используют напряжение 12 или 24 В. Основу таких стартеров составляет электродвигатель постоянного тока с электромагнитным дистанционным включением. Они питаются от аккумуляторной батареи. Стартер приводит во вращение маховик двигателя через зубчатую передачу.



Рис. 2.124. **Стартер-генератор на маховике двигателя**

Переход к более высокому напряжению дает возможность использовать стартеры-генераторы (рис. 2.124), встроенные в маховик двигателя. С помощью таких устройств не только легко проворачивается коленчатый вал ДВС при пуске, что дает возможность глушить двигатель при каждой остановке и пускать его при троганье, но и использовать его при интенсивном разгоне совместно с основным двигателем (см. гл. 8).

Использование напряжения 36 В также выгодно для электропроводки. Более высокое напряжение означает, что та же самая мощность может быть передана по более тонким проводам. В большинстве современных автомобилей электропроводка стала очень сложной и дорогой. К каждому из многочисленных электрических устройств автомобиля должны быть подведены как силовые, так и управляющие провода. Последние с помощью выключателей и реле замыкают или размыкают соответствующие цепи. Число управляющих проводников может быть очень большим. Сегодня большинство производителей автомобилей начинают использовать другой подход при конструировании электропроводки. Силовые кабели остаются, а управляющие заменяются мультиплексными линиями (рис. 2.125). Управляющие сигналы для различных устройств могут передаваться по высокоскоростным шинам с использованием кодированных сигналов. При таком подходе электропроводка значительно упрощается и появляется возможность простого диагностирования неисправностей систем автомобиля с помощью компьютера.



Рис. 2.125. **Сравнение автомобилей с разными типами электропроводки. Применение мультиплексных линий дает возможность существенно упростить электропроводку автомобиля**

ГЛАВА 3

Трансмиссия автомобиля выполняет две функции: она передает крутящий момент от двигателя ведущим колесам автомобиля, а также изменяет его величину и направление. При передаче крутящего момента трансмиссия, кроме того, перераспределяет его между отдельными колесами.

Трансмиссия

§ 19

НАЗНАЧЕНИЕ

Двигатели внутреннего сгорания, являющиеся на сегодняшний день основным источником энергии для автомобилей, имеют максимальные значения крутящего момента и мощности при разных значениях частоты вращения коленчатого вала двигателя. Для того чтобы использовать соответствующие обороты двигателя при различных скоростях движения автомобиля, необходимо иметь возможность изменять передаточное число трансмиссии. Общее передаточное число трансмиссии в любой момент времени можно определить отношением частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения ведущих колес.

Крутящий момент, передающийся на ведущее колесо, определяет тяговое усилие, действующее в контакте колеса с дорогой. Это усилие определяется делением величины крутящего момента на радиус колеса. Для движения автомобиля необходимо, чтобы тяговое усилие было больше суммы сил сопротивления движению (силы сопротивления качению, силы сопротивления подъему, силы инерции, аэродинамического сопротивления). Сумма сил сопротивления движению изменяется в широких пределах в зависимости от условий движения, поэтому трансмиссия автомобиля должна обеспечивать возможность изменения тягового усилия путем изменения в широком диапазоне крутящего момента. Максимальное тяговое усилие ограничивается не возможностями двигателя и трансмиссии, а сцеплением колес с дорогой. Это усилие не должно превышать силу сцепления, иначе ведущие колеса будут проскальзывать и автомобиль не сможет двигаться. Силу сцепления можно определить, умножив часть массы автомобиля, приходящегося на одно колесо, на коэффициент сцепления — φ. Коэффициент сцепления зависит от состояния дорожного покрытия, качества и состояния шин и находится в пределах от 0,1 до 0,9.

Наибольшее суммарное тяговое усилие может быть реализовано, если все колеса автомобиля будут ведущими. Тем не менее для движения автомобиля по дорогам с твердым покрытием достаточно двух ведущих колес на одной оси. Увеличение числа ведущих колес

приводит к усложнению трансмиссии и увеличению механических потерь, поэтому конструкторам автомобилей приходится применять компромиссные решения в зависимости от назначения автомобиля.

Выбор типа привода ведущих колес и компоновки автомобиля определяют возможность в наибольшей степени реализовать те или иные его свойства. Особенности привода оказывают влияние на топливную экономичность, безопасность, массу и компактность автомобиля, а также на показатели устойчивости, управляемости и тормозной динамики. Виды компоновок автомобиля, их преимущества и недостатки, а также типы трансмиссий были рассмотрены в гл. 1, а в этой главе будут рассмотрены особенности конструкций различных трансмиссий автомобилей.

§ 20

МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ

У автомобилей классической компоновки с колесной формулой 4×2 крутящий момент от двигателя передается через сцепление к коробке передач. В коробке передач крутящий момент может ступенчато изменяться в соответствии с включенной передачей. Двигатель, сцепление и коробка передач обычно объединяются в один блок, образуя силовой агрегат. От коробки передач крутящий момент передается через карданную передачу к главной передаче, где увеличивается, и далее через дифференциал и полуоси подводится к ведущим колесам. Главная передача, дифференциал и полуоси с колесами образуют ведущий мост.

Если силовой агрегат располагается в непосредственной близости от ведущего моста (переднеприводные автомобили и автомобили заднемоторной компоновки с задними ведущими колесами), в трансмиссии можно обойтись без карданной передачи между коробкой передач и главной передачей. При такой компоновке главная передача и дифференциал обычно объединяются в один агрегат, а для привода ведущих колес используются полуоси с шарнирами.

Трансмиссии полноприводных автомобилей будут рассмотрены ниже.

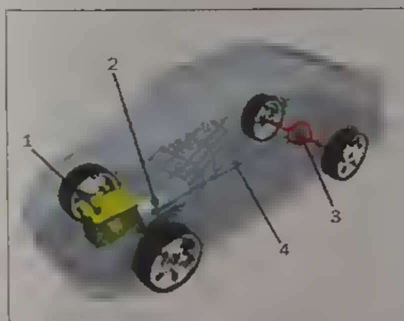


Рис. 3.1. **Схема трансмиссии автомобиля классической компоновки:** 1 — двигатель, 2 — коробка передач; 3 — главная передача и дифференциал; 4 — карданная передача

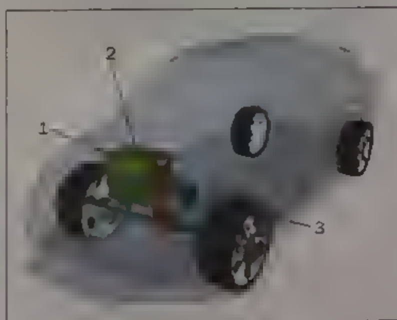


Рис. 3.2. **Схема трансмиссии переднеприводного автомобиля:** 1 — двигатель; 2 — главная передача и дифференциал; 3 — коробка передач

Механическая трансмиссия должна иметь возможность кратковременного разъединения от работающего двигателя. Это необходимо при остановках автомобиля и при переключении передач в механической ступенчатой коробке передач. Кроме того, при трогание автомобиля с места и переключении передач соединение вала двигателя и трансмиссии должно происходить плавно, без резких рывков. В связи с этим возникает необходимость в специальном устройстве, обеспечивающем постепенное нагружение двигателя. В качестве такого устройства обычно применяется сцепление. Использование сцепления необходимо для переключения передач т.к. если трансмиссия находится под нагрузкой крутящим моментом, переключение невозможно. Прежде чем переключить передачу, сцепление необходимо выключить.

В принципе, в качестве сцепления может быть использована любая управляемая муфта.

Первые автомобили были оборудованы ленточным сцеплением, в котором металлическая лента охватывала снаружи металлический барабан или прижималась к нему изнутри при помощи различных рычажных элементов. Ленточные сцепления в обычном положении были выключены и включались путем перемещения рычага в определенное положение. Основным недостатком ленточных сцеплений была необходимость в использовании сложных регулировочных узлов, компенсирующих изнашивание рабочих поверхностей.

С появлением коробок передач со скользящими шестернями появляются сцепления конусного типа. В отличие от постоянно выключенных ленточных сцеплений конусные сцепления удерживались во включенном состоянии пружиной, а выключались, когда водитель, нажимая педаль, сжимал пружину. Именно с первых конструкций конусных пружин в практику автомобилестроения вошел принцип включения сцепления пружинами.



Рис. 3.3. **Сцепление конусного типа:** 1 — фланец коленчатого вала; 2 — маховик; 3 — муфта выключения сцепления; 4 — педаль сцепления; 5 — рычаг выключения сцепления; 6 — вал сцепления; 7 — кожух сцепления; 8 — пружина; 9 — конус сцепления; 10 — фрикционная накладка

В конусных сцеплениях поверхности трения составляли угол 15° с осью конуса. Конус, представляющий собой ведомый элемент, первоначально покрывался кожей, которая требовала тщательного и трудоемкого ухода, но даже при этом быстро изнашивалась. Поэтому впоследствии стали применяться прокладки из фрикционных материалов с асбестовой основой. Маховик двигателя служил ведущим элементом сцепления — его обод изнутри имел коническую поверхность, соответствующую поверхности ведомого элемента сцепления. Ведомый элемент устанавливался на шлицах (продольных выступах) вала коробки передач с возможностью осевого перемещения для выключения сцепления. В рабочем положении конусные поверхности трения были сжаты усилием пружины. Нажатие педали сопровождалось отводом ведомой части от маховика и выключением сцепления. При работе любого сцепления важно, чтобы при его выключении ведомая часть быстро остана-

валивалась. Главным недостатком конусного сцепления было то, что обладающий большим моментом инерции ведомый элемент долго вращался после выключения сцепления, затрудняя переключение передач.

На смену конусному сцеплению пришло многодисковое сцепление, работающее в масле. Оно состояло из чередующихся стальных и бронзовых дисков, закрепленных на шлицах с ведомым и ведущим барабанами. Ведомый барабан с многочисленными ведомыми дисками также обладал большим моментом инерции, что в значительной степени затрудняло переключение передач. Кроме того, при загустевании масла в холодную погоду диски слипались и сцепление не выключалось.

Следующей ступенью в развитии конструкции сцепления явилось сухое многодисковое сцепление. Ведущие диски его были снабжены накладками из фрикционного материала, приклепанного к ним с обеих сторон. Но и в этом сцеплении сохранился основной недостаток многодисковых сцеплений — большой момент инерции ведомых частей сцепления, затрудняющий переключение передач. Другим недостатком такого сцепления было то, что ведомые металлические диски, расположенные между фрикционными обшивками, обладающими низкой теплопроводностью, сильно нагревались при пробуксовке, что ускоряло износ накладок, а иногда возникало сильное коробление дисков, приводившее к нарушению чистоты выключения сцепления.

С 1910 г. на автомобилях начинают применять однодисковые сцепления. Однако первые конструкции не имели фрикционных накладок, диски изготавливались из чугуна и бронзы или из чугуна и стали. Постепенно преимущества однодискового фрикционного сцепления получили всеобщее признание, и к середине 20-х гг. оно уже практически вытесняет прочие конструкции фрикционных муфт.

Сейчас в трансмиссиях автомобилей все чаще применяются также сцепления, построенные на иных принципах действия: гидравлические и электромагнитные.

В гидравлическом сцеплении (гидромуфте) ведущее (насосное) лопастное колесо связано с двигателем, а ведомое (турбинное) лопастное колесо — с трансмиссией. В поперечной плоскости колеса гидромуфты имеют форму тора. В колесах имеются радиальные лопасти. Оба колеса помещены в корпусе, заполненном маслом. При вращении насосного колеса кинетическая энергия жидкости, расположенной между его лопастями и движущейся под действием центробежных сил, передается турбинному колесу. При достижении определенного числа оборотов эта энергия становится достаточной для того, чтобы автомобиль тронулся с места, а при дальнейшем увеличении числа оборотов колеса гидромуфты начинают вращаться практически с одинаковой скоростью.

Гидромуфта в качестве самостоятельного агрегата, выполняющего функции сцепления в трансмиссии автомобиля, не используется, так как для обеспечения ее выключения при переключении передач необходимо создавать сложную систему ее опорожнения. Поэтому гидромуфта применяется вместе с обычным фрикционным сцеплением, которое устанавливается за ней последовательно и служит лишь для переключения передач.

Электромагнитное порошковое сцепление (рис. 3.5) получило некоторое распространение на автомобилях малого класса. Ведущим элементом сцепления является маховик с закрепленными



Рис. 3.4. **Многодисковое сцепление, работающее в масле**

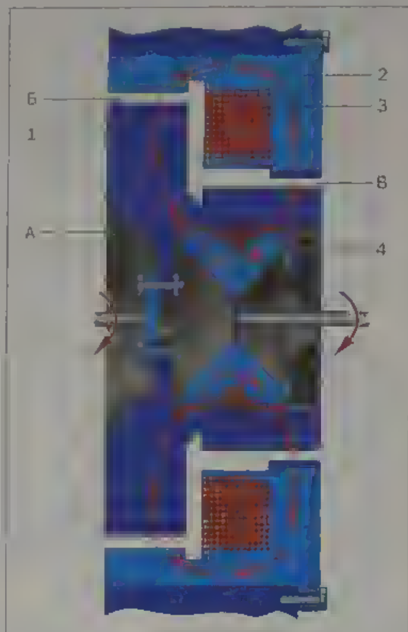


Рис. 3.5. **Электромагнитное порошковое сцепление:** А, Б, В — зазоры; 1 — ведущая часть; 2 — неподвижный корпус; 3 — обмотка возбуждения; 4 — ведомая часть

на нем магнитопроводами с обмотками возбуждения. Ведомый диск закреплен на ведущем вале коробки передач. Между магнитопроводами и ведомым диском имеется воздушный зазор, в который вводится специальный фрикционный порошок, обладающий высокими магнитными свойствами. При отсутствии тока в обмотках возбуждения между ведущими и ведомыми элементами сцепления силовой связи нет — сцепление выключено. Если к обмоткам возбуждения подводится электрический ток, то за счет образования магнитного поля, частицы порошка выстраиваются по силовым линиям магнитного поля, и создается силовое взаимодействие между ведущими и ведомыми элементами сцепления. Силовая связь зависит от силы тока, поступающего в обмотку возбуждения. Основное достоинство такой конструкции заключается в том, что управление сцеплением можно перенести с педали сцепления на ручной, кнопочный вариант управления, что актуально для водителей с ограниченными физическими возможностями.

Фрикционное однодисковое сцепление в большинстве случаев является оптимальным конструктивным решением для рассматриваемого узла трансмиссии. Схема однодискового сцепления представлена на рис. 3.6. Оно состоит из ведущих частей: маховика, кожуха, нажимного диска, вращающегося с частотой коленчатого вала двигателя, и ведомого диска, расположенного на шлицах ведущего вала коробки передач.

Кроме того, во фрикционном сцеплении выделяют группу деталей, осуществляющих включение-выключение и привод сцепления. Включение сцепления осуществляется под действием силы, создаваемой пружинами, а выключение — в результате преодоления этой силы при воздействии на педаль сцепления, которая обеспечивает перемещение выжимного подшипника.

В зависимости от типа пружин, создающих сжимающие силы, фрикционные сцепления разделяются на:

— сцепления с периферийными пружинами;
— сцепления с центральной конической пружиной;
— сцепления с диафрагменной пружиной.

Большинство механических трансмиссий современных легковых автомобилей имеют сцепления с диафрагменной пружиной.

На грузовых автомобилях нашли применение двухдисковые сцепления, использование которых вызвано необходимостью увеличения площади поверхностей трения без увеличения внешних размеров сцепления.

К конструкции сцепления предъявляются определенные требования.

Плавность включения. Это требование диктуется необходимостью снижения динамических нагрузок в трансмиссии при троганьи автомобиля с места и переключении передач. До недавнего времени для фрикционных сцеплений применялись в основном фрикционные накладки, в состав которых входили асбест, наполнители и связующие материалы. В настоящее время все большее распространение получают фрикционные накладки без асбеста или с минимальным его содержанием. Это связано с тем, что асбестовая пыль признана опасной для здоровья человека.

Конструктивно плавность включения сцепления достигается обеспечением податливости ведомого диска. С этой целью ведомые диски легковых автомобилей выполняются разрезными, с некоторой конусностью или выпуклостью секторов.

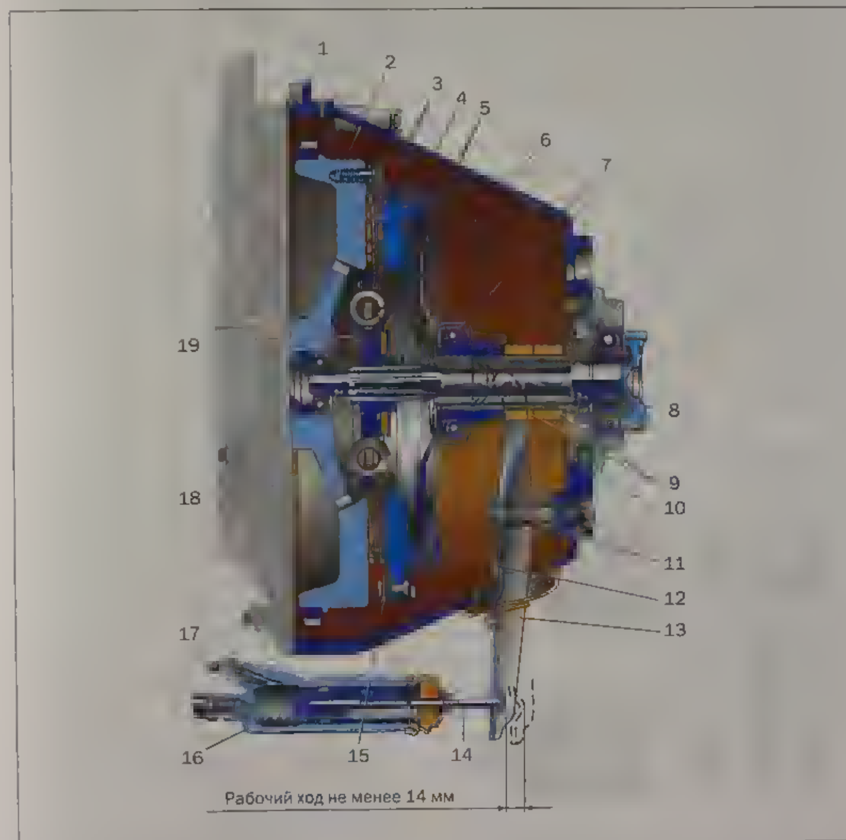


Рис. 3.6. **Однодисковое сцепление:** 1 — картер сцепления; 2 — маховик; 3 — фрикционные накладки ведомого диска; 4 — нажимной диск; 5 — опорные кольца; 6 — диафрагменная пружина; 7 — подшипник выключения сцепления; 8 — первичный вал коробки передач; 9 — поролоновые кольца; 10 — муфта выключения; 11 — шаровая опора вилки; 12 — кожух; 13 — вилка; 14 — шток рабочего цилиндра; 15 — соединительная пластина; 16 — рабочий цилиндр; 17 — штуцер прокачки; 18 — демпферная пружина; 19 — ступица ведомого диска

В этом случае секторы работают как пластинчатые пружины между ведомым диском и одной из фрикционных накладок. Также на плавность включения оказывает влияние упругость элементов в механизме выключения. С этих позиций сцепление с диафрагменной пружиной, у которой податливые лепестки выполняют функции рычагов выключения, предпочтительнее, чем сцепление с периферийными пружинами, у которого выключение осуществляется жесткими рычагами.

Чистота выключения. Полное отсоединение двигателя от трансмиссии достигается получением гарантированного зазора между поверхностями трения при полностью выжатой педали сцепления. Для двухдискового сцепления имеется специальное устройство для принудительного перемещения внутреннего ведущего диска в положение, при котором оба ведомых диска находятся в свободном состоянии (рис. 3.7).

Предохранение трансмиссии от динамических нагрузок. Динамические нагрузки в трансмиссии могут быть единичными (пиковыми) и периодическими. Пиковые нагрузки возникают при резком изменении угловой скорости трансмиссии, например при включении сцепления броском педали, при наезде на неровность. Чтобы не произошло поломки в трансмиссии, сцепление должно ограничить предельное значение нагрузки путем пробуксовки.

Периодические нагрузки (крутильные колебания) возникают в результате неравномерности крутящего момента двигателя. Для гашения крутильных колебаний трансмиссии в ведомом диске сцепления устанавливают гаситель крутильных колебаний (рис. 3.8). Ступица ведомого диска и сам ведомый диск связаны между собой не жестко, а через пружины гасителя. Колебания, возникающие в трансмиссии, вызывают относительное угловое смещение ведомого диска и его ступицы за счет деформации пружин гасителя, а это смещение сопровождается трением фрикционных элементов гасителя. Таким образом, гашение крутильных колебаний происходит за счет сил трения. Кроме того, гаситель, изменяя жесткость трансмиссии, не допускает возможности наступления резонанса в трансмиссии, выводя резонансные частоты за область рабочих частот двигателя.

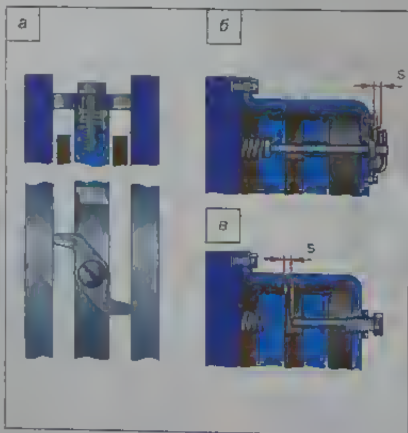


Рис. 3.7. **Устройство, обеспечивающее гарантированный зазор между поверхностями трения: а — рычажное; б, в — со штоком и пружиной; S — рабочий зазор**

Применение двухмассовых маховиков в конструкции двигателя позволило перенести гаситель крутильных колебаний из ведомого диска в маховик. Такое конструктивное решение позволяет упростить сцепление, снизить момент инерции ведомого диска и, следовательно, уменьшить нагрузки на элементы управления коробкой передач. Впервые подобные сцепления появились в 1985 г.

Поддержание нажимного усилия в заданных пределах в процессе эксплуатации. В процессе эксплуатации в результате износа фрикционных накладок нажимной диск перемещается в сторону маховика, изменяя жесткость пружин сцепления. В сцеплении с периферийными пружинами, которые имеют линейную упругую характеристику (рис. 3.9), это приводит к снижению нажимного усилия и передаваемого момента трения вплоть до наступления пробуксовывания сцепления.

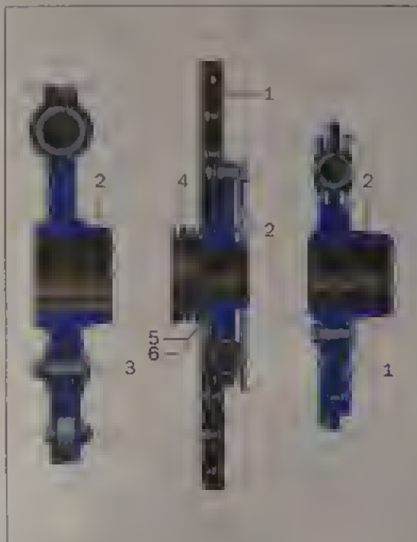


Рис. 3.8. **Гаситель крутильных колебаний:** 1 — диск; 2 — ступица; 3 — сухарь; 4 — пружина; 5 — стальная шайба; 6 — фрикционная шайба

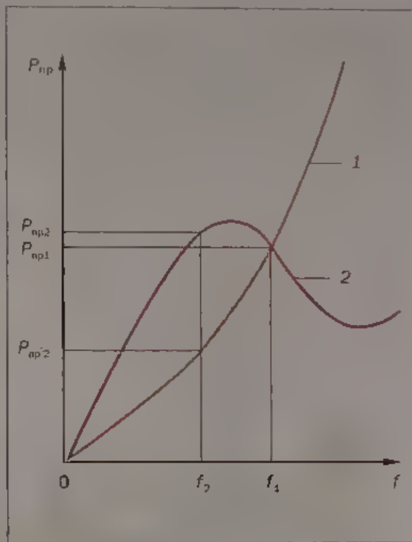


Рис. 3.9. **Графики упругих характеристик пружин:** 1 — сцепление с периферийными пружинами; 2 — сцепление с диафрагменными пружинами

В сцеплениях с диафрагменной пружиной, которая имеет нелинейную упругую характеристику, усилие при износе накладок поддерживается примерно постоянным.

Применение диафрагменной пружины позволяет упростить конструкцию, так как примерно вдвое сокращается число деталей, уменьшается размер сцепления, а пружина выполняет еще и функцию рычагов выключения. Диафрагменная пружина обеспечивает равномерное распределение усилия по всей накладке. Важным преимуществом диафрагменной пружины, по сравнению с периферийными, является то, что при повышении угловой скорости маховика центробежные силы не искажают ее характеристику. Кроме того, как видно из рис. 3.9, при выключении сцепления усилие пружины снижается, что облегчает управление сцеплением. В некоторых конструкциях с диафрагменной пружиной выпуклая сторона пружины направлена внутрь сцепления. Это позволяет несколько уменьшить ширину агрегата, но усложняет конструкцию выжимного элемента и привода.

Первоначально диафрагменная пружина появилась в сцеплениях легковых автомобилей. Долгое время применение ее в сцеплениях грузовых автомобилей сдерживалось технологической сложностью изготовления пружины большого диаметра.

ПРИВОД СЦЕПЛЕНИЯ

Привод фрикционного сцепления может быть механическим, гидравлическим или электромагнитным. На большинстве автомобилей применяются механические и гидравлические приводы. Электромагнитный привод применяется редко, в основном при необходимости автоматизации процесса управления сцеплением. Для облегчения управления на некоторых автомобилях в приводе сцепления используют пневматические и вакуумные усилители.

В качестве привода сцепления небольших легковых автомобилей часто используют механический тросовый привод. Его преимуществами являются простота и дешевизна. Однако износ фрикционных накладок при таком типе привода приводит к изменению положения педали сцепления. Поэтому в конструкции тросового привода обычно предусмотрена возможность ручной или автоматической регулировки.

Гидравлический привод сцепления использует свойство несжимаемости жидкости. В качестве рабочей жидкости используют такую же, что и в гидравлическом тормозном приводе (см. гл. 5). Привод имеет главный и рабочий цилиндры, соединенные между собой трубопроводом. Плунжер рабочего цилиндра через толкатель действует на вилку включения сцепления, связанную с выжимным подшипником. Для удаления воздуха из привода в цилиндрах гидравлического привода установлены специальные клапаны.

Иногда в гидравлическом приводе сцепления устанавливают демпфирующее устройство, которое гасит колебания, возникающие при взаимодействии выжимного подшипника с элементами выключения сцепления (см. рис. 3.9).

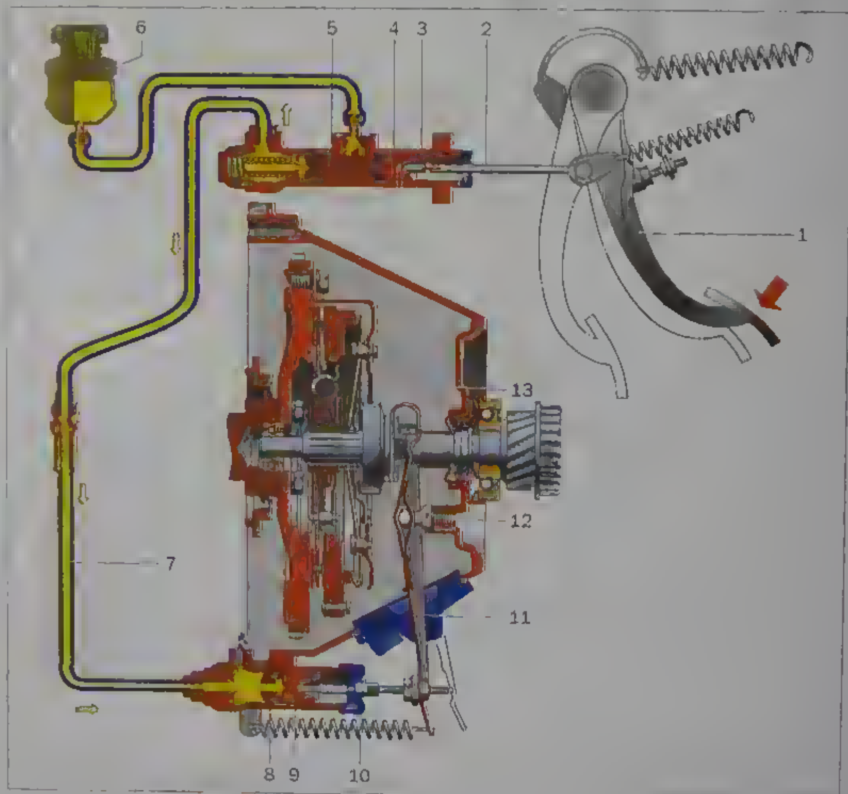


Рис. 3.10 а. **Схема гидравлического привода сцепления**: 1 — педаль; 2 — толкатель; 3 — главный цилиндр; 4 — поршень толкателя; 5 — поршень главного цилиндра; 6 — бачок; 7 — трубопровод; 8 — рабочий цилиндр; 9 — поршень; 10 — пружина; 11 — вилка; 12 — опора вилки; 13 — выжимной подшипник

Коробка передач (рис. 3.10 б) предназначена для изменения в широком диапазоне крутящего момента, а следовательно, и тягового усилия на ведущих колесах автомобиля и скоростей движения, для обеспечения движения задним ходом, а также для длительного разобщения двигателя от ведущих колес при работе двигателя на холостом ходу.

К коробке передач предъявляются следующие требования:

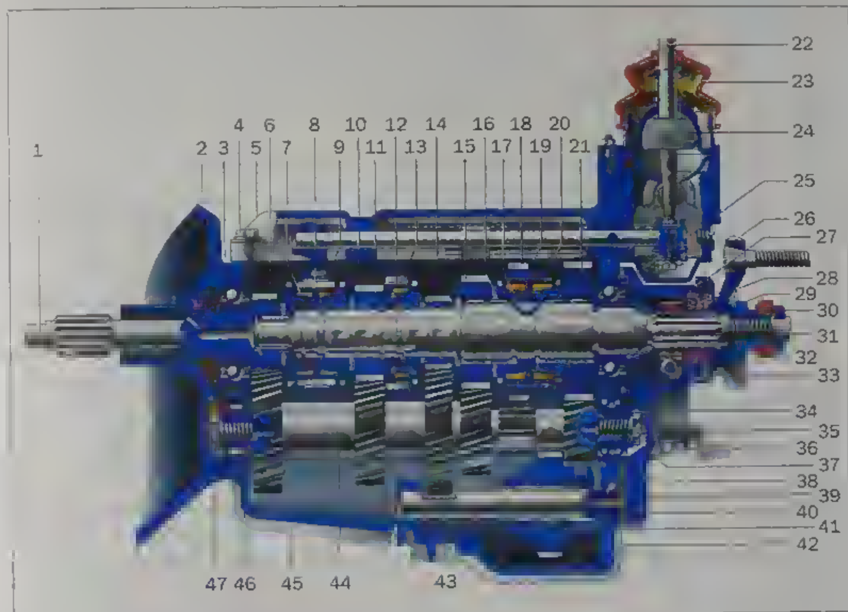


Рис. 3.10 б. **Коробка передач Иж-2126**: 1 – первичный вал; 2 – картер сцепления; 3 – задний подшипник первичного вала; 4 – болт крепления верхней крышки; 5 – верхняя крышка; 6 – передний подшипник вторичного вала; 7 – блокирующее кольцо синхронизатора включения передачи; 8 – ступица III-IV передач; 9 – муфта III-IV передач; 10 – шестерня III передачи; 11 – стопорное кольцо; 12 – ступица V передачи; 13 – муфта V передачи; 14 – шестерня V передачи; 15 – шестерня II передачи; 16 – роликовый подшипник; 17 – шпонка; 18 – муфта-шестерня заднего хода; 19 – блокирующее кольцо синхронизатора включения II передачи; 20 – ступица I-II передач; 21 – шестерня I передачи; 22 – стержень рычага переключения передач; 23 – чехол рычага; 24 – рычаг переключения передач; 25 – задний подшипник вторичного вала; 26 – фланец эластичной муфты карданной передачи; 27 – ведущая шестерня привода спидометра; 28 – сальник вторичного вала; 29 – гайка фланца эластичной муфты; 30 – центрирующее кольцо; 31 – вторичный вал; 32 – уплотнитель; 33 – грязеотражатель; 34 – шайба; 35 – задний болт промежуточного вала; 36 – болт крепления кронштейна задней опоры силового агрегата; 37 – гайка шпильки крепления задней крышки; 38 – задний подшипник промежуточного вала; 39 – задняя крышка коробки передач; 40 – прокладка задней крышки; 41 – игольчатый подшипник; 42 – промежуточная шестерня заднего хода; 43 – ось промежуточной шестерни; 44 – промежуточный вал; 45 – картер коробки передач; 46 – передний подшипник промежуточного вала; 47 – болт переднего подшипника промежуточного вала.

— обеспечение оптимальных тягово-скоростных свойств автомобиля при заданной характеристике двигателя;
— бесшумность в работе и переключении передач;
— легкость управления;
— высокий КПД.

С появлением первых моторных экипажей появилась необходимость применения устройств для изменения передаточного отношения от двигателя к колесам. Применявшиеся вначале ременные передачи, скопированные со станков, оказались несостоятельными и очень скоро стали вытесняться зубчатыми передачами. Первой подобной коробкой, получившей широкое распространение на автомобилях, была коробка передач со скользящими шестернями, которые могли перемещаться на квадратном или шлицевом вале, для того чтобы входить в зацепление с шестернями, установленными на другом, параллельном первому, вале. Она сконструирована инженером Эмилем Левассором во Франции и в 1891 г. была установлена на автомобиле «Панар-Левассор».

По принципу действия коробки передач различают ступенчатые, бесступенчатые и комбинированные. Ступенчатые коробки передач имеют механический привод перемещения шестерен по валам, а бесступенчатые позволяют изменять крутящий момент на ведущих колесах, не меняя положение педали «газа».

На большинстве легковых и грузовых автомобилях устанавливают **ступенчатые коробки передач**. Ступенчатые коробки передач могут иметь разное число применяемых валов. Долгое время на автомобилях применялись только трехвальные коробки передач. Крутящий момент от двигателя передается с помощью сцепления на ведущий вал (первичный) коробки передач, на котором имеется шестерня. Параллельно ведущему валу располагается промежуточный вал с набором соединенных с ним шестерен. Ведущий вал находится на одной оси с ведомым (вторичным) валом и может быть соединен с ним напрямую для получения прямой передачи с передаточным числом, равным единице. Кроме того, одна из шестерен промежуточного вала находится в постоянном зацеплении с шестерней ведущего вала, а другие — со свободно вращающимися на ведомом вале шестернями. Для движения автомобиля задним ходом необходимо добавить еще одну шестерню между шестерней промежуточного и шестерней ведомого вала, что позволит ведомому валу изменить направление своего вращения. Для переключения передач необходимо обеспечить возможность жесткого соединения отдельных шестерен ведомого вала непосредственно с самим валом. На практике задача переключения передач оказалась не такой простой. Для безударного включения передач необходимо, чтобы угловые скорости вращения шестерен на ведомом вале и скорость самого вала были равны. Переключение передач на первых автомобилях было довольно трудной задачей, с которой могли справляться только опытные водители, которые могли сочетать управление автомобилем с четкой работой педалями сцепления, «газа» и рычагом переключения передач. Процесс переключения передач в механических трансмиссиях существенно упростился после изобретения синхронизатора.

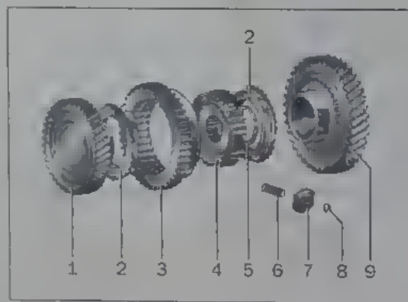


Рис. 3.11. **Конструкция синхронизатора:** 1 — шестерня II передачи; 2 — блокирующие кольца; 3 — скользящая муфта включения II и III передач; 4 — ступица; 5 — стопорное кольцо; 6 — пружина; 7 — сухарь; 8 — шарик; 9 — шестерня III передачи

Синхронизатор (рис. 3.11) — специальная фрикционная муфта, которая обеспечивает выравнивание угловых скоростей шестерен, свободно вращающихся на вале, с угловой скоростью самого вала и не допускает их соединения до момента, пока указанные скорости не сравняются.

В трехступенчатых коробках передач, выпускавшихся в 1940-х гг., синхронизаторы применялись между второй и высшей передачами, а переключение на первую передачу требовало двоиного выжима сцепления (так называемая перегазовка). Сегодня современные ступенчатые коробки передач имеют синхронизаторы на всех передачах, независимо от количества ступеней.

Двухвальные коробки передач применяются в переднеприводных и заднеприводных (с задним расположением двигателя) автомобилях. Конструктивно их совмещают в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом.

Поперечное расположение коробки передач (рис. 3.12) позволяет применять главную передачу с цилиндрическими шестернями. При продольной компоновке (рис. 3.13) применяется главная передача с коническими или гипоидными шестернями; последняя является более сложной в изготовлении и регулировке.

Основные достоинства двухвальных коробок передач:

— простота конструкции;
— малая масса;
— высокий КПД на промежуточных передачах (при передаче крутящего момента участвует только одна пара шестерен).

В то же время в двухвальной коробке передач нет прямой передачи (когда в передаче крутящего момента не участвуют шестерни) и максимальный КПД на высшей передаче ниже, чем на прямой передаче трехвальной коробки.

Максимальное передаточное число одной зубчатой пары коробки передач не должно превышать некоторого предела, близкого к 4, превышение которого приводит к увеличению габаритов и повышению уровня шума. Это ограничивает область применения двухвальных коробок передач только легковыми автомобилями малого класса.

Если двигатели с такими коробками устанавливаются поперечно в передней части автомобиля, то для конструкторов двухвальных коробок передач увеличение числа передач, а следовательно, и числа пар шестерен, представляет определенные трудности. Продольная коробка передач может быть легко увеличена по длине для размещения дополнительных передач. Поперечно расположенный двигатель и коробка передач имеют ограничение по ширине, определяющееся расстоянием между колесными арками автомобиля. Так, конструкторы компании Volvo столкнулись с этой проблемой, когда потребовалось установить поперечно на автомобиле Volvo 850 пятицилиндровый двигатель. Эта проблема была решена за счет использования в конструкции коробки передач М56 дополнительного третьего вала. Два вала являются вторичными валами, на одном установлены промежуточные шестерни для первой и второй передач, а на другом — промежуточные для пятой и задней. Промежуточные шестерни для третьей и четвертой установлены на первичном вале. Коробка передач имеет пять передач, три вала и два комплекта шестерен. За счет уменьшения числа шестерен на отдельном вале, появилась возможность выполнить валы короче, что позволило уменьшить длину коробки (до 335 мм) и увеличить их жесткость. При этом снижается шум при работе коробки и повышается ее долговечность. В настоящее время Volvo выпускает еще более короткую коробку передач с четырьмя валами.

Трехвальные коробки передач (рис. 3.14) характеризуются наличием прямой передачи. При этом на прямой передаче трехвальная коробка имеет более высокий КПД, чем двухвальная, так как в этом случае уменьшаются потери на трение. На остальных передачах трехвальной коробки в зацеплении находятся две пары зубчатых колес, в то время как у двухвальной — одна.

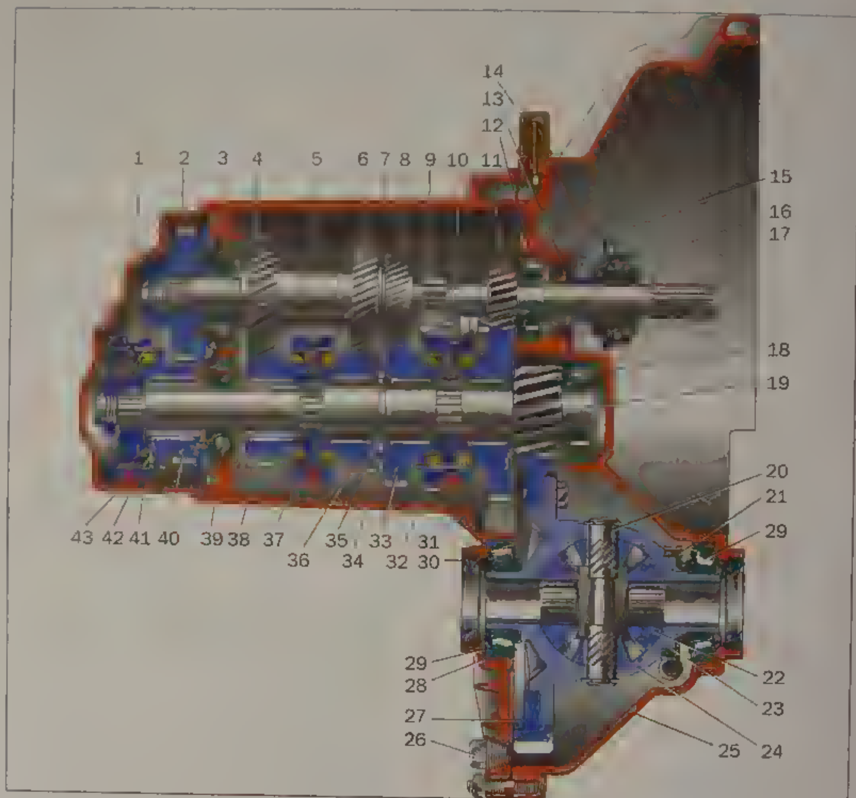


Рис. 3.12. **Пятиступенчатая двухвальная коробка передач легкового автомобиля с поперечным расположением двигателя:** 1 — задняя крышка картера коробки передач; 2 — ведущая шестерня V передачи; 3 — шариковый подшипник первичного вала; 4 — ведущая шестерня IV передачи первичного вала; 5 — первичный вал; 6 — ведущая шестерня III передачи первичного вала; 7 — картер коробки передач; 8 — ведущая шестерня II передачи первичного вала; 9 — шестерня заднего хода; 10 — промежуточная шестерня заднего хода; 11 — ведущая шестерня I передачи первичного вала; 12 — роликовый подшипник первичного вала; 13 — сальник первичного вала; 14 — сапун; 15 — фланец муфты; 16 — подшипник выключения сцепления; 17 — направляющая втулка муфты; 18 — роликовый подшипник вторичного вала; 19 — вторичный вал; 20 — ось сателлитов; 21 — ведущая шестерня привода спидометра; 22 — шестерня полуоси; 23 — коробка дифференциала; 24 — сателлит; 25 — картер сцепления; 26 — пробка для слива масла; 27 — ведомая шестерня главной передачи; 28 — регулировочное кольцо; 29 — роликовый конический подшипник дифференциала; 30 — сальник полуоси; 31 — ведомая шестерня I передачи вторичного вала; 32 — синхронизатор I и II передач; 33 — ведомая шестерня II передачи вторичного вала; 34 — стопорное кольцо; 35 — упорное полукольцо; 36 — ведомая шестерня III передачи вторичного вала; 37 — синхронизатор III и IV передач, 38 — ведомая шестерня IV передачи вторичного вала; 39 — шариковый подшипник вторичного вала; 40 — ведомая шестерня V передачи вторичного вала; 41 — синхронизатор V передачи; 42 — игольчатый подшипник; 43 — вилка переключения передач

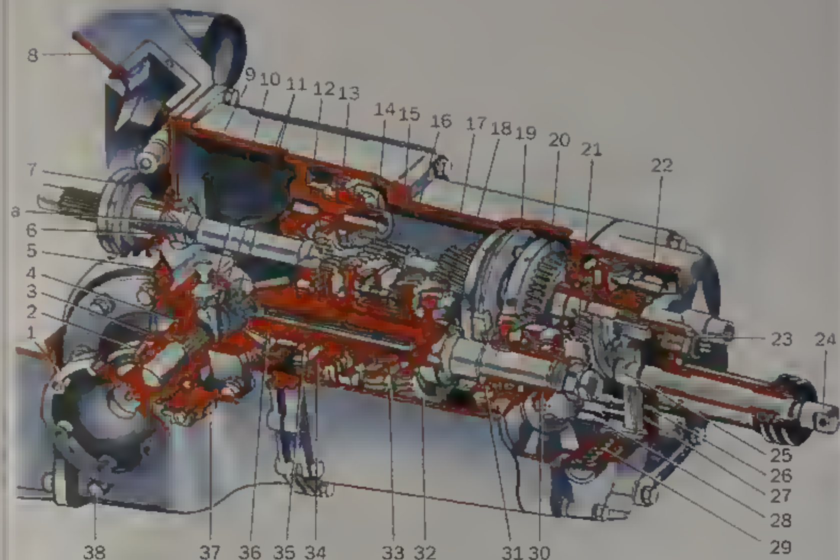


Рис. 3.13. **Конструкция двухвальной пятиступенчатой коробки передач при переднем приводе и продольном расположении двигателя (Москвич-2141)**: 1 — фланец полуоси; 2 — подшипник дифференциала; 3 — ведущая шестерня редуктора привода спидометра; 4 — коробка дифференциала; 5 — ведомая шестерня главной передачи; 6 — манжета (сальник); 7 — подшипник выключения сцепления; 8 — картер сцепления; 9 — первичный вал; 10 — сателлит; 11 — полуосевые шестерни; 12 — ось промежуточной шестерни заднего хода; 13 — промежуточная шестерня заднего хода; 14 — шестерня передачи заднего хода первичного вала; 15 — шестерня I передачи первичного вала; 16 — синхронизатор I и II передач; 17 — шестерня II передачи первичного вала; 18 — ведущая шестерня III передачи; 19 — синхронизатор III и IV передач; 20 — ведущая шестерня IV передачи; 21 — ведущая шестерня V передачи; 22 — синхронизатор V передачи; 23 — выключатель света заднего хода; 24 — вал переключателя передач; 25 — переключатель передач; 26 — шток вилок переключения V передачи и заднего хода; 27 — шток вилок переключения III и IV передач; 28 — шток вилок включения I и II передач; 29 — плунжер; 30— ведомая шестерня V передачи; 31 — ведомая шестерня IV передачи; 32 — ведомая шестерня III передачи; 33 — ведомая шестерня II передачи; 34 — ведомая шестерня I передачи; 35 — ведомая шестерня заднего хода; 36 — ведущая шестерня главной передачи; 37 — картер главной передачи; 38 — пробка маслосливного отверстия а — отверстие-сапун

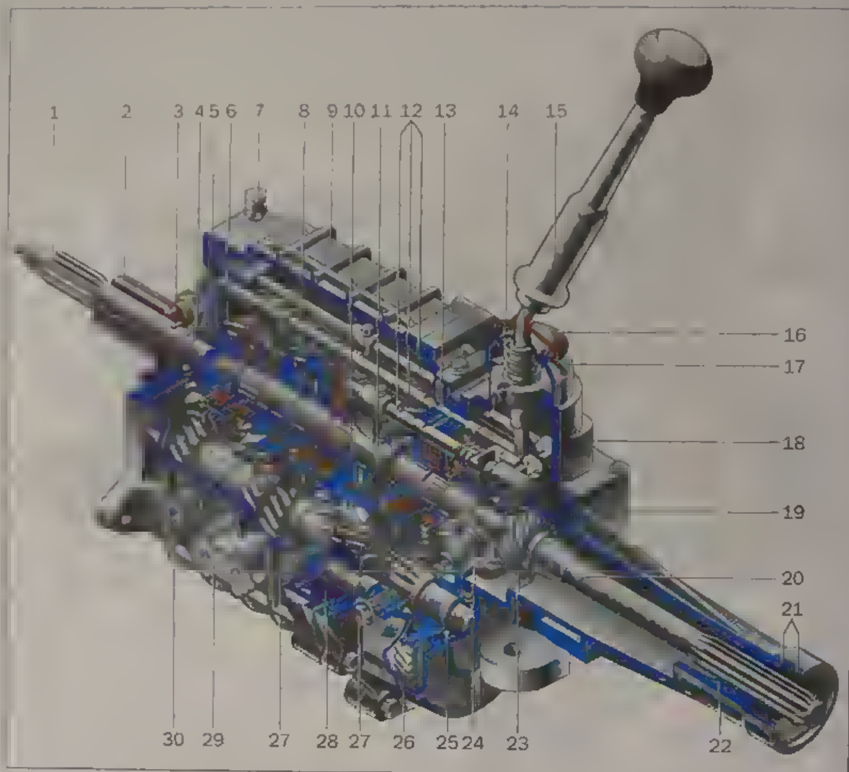


Рис. 3.14. **Трехвальная коробка передач**: 1 — первичный вал; 2 — крышка подшипника; 3 — выключатель света заднего хода; 4 — манжета первичного вала; 5 — задний подшипник первичного вала; 6 — шестерня привода промежуточного вала; 7 — сапун; 8 — шестерня III передачи; 9 — передний картер; 10 — шестерня I передачи; 11 — шестерня заднего хода; 12 — штоки переключения передач; 13 — шарик-фиксатор; 14 — пружина; 15 — рычаг переключения; 16 — защитный уплотнитель; 17 — колпак рычага; 18 — корпус рычага переключения; 19 — задний картер; 20 — вторичный вал; 21 — манжеты удлинителя заднего картера; 22 — сталебаббитовая втулка; 23 — шестерня привода спидометра; 24 — привод спидометра; 25 — задний подшипник промежуточного вала; 26 — шестерня V передачи; 27 — болты крепления оси промежуточной шестерни заднего хода; 28 — промежуточная шестерня заднего хода; 29 — промежуточный вал; 30 — маслозаливная пробка

Многие легковые автомобили с мощными двигателями сейчас комплектуются шестиступенчатыми коробками передач. Для повышения жесткости картера коробки передач широко применяют оребрение. Применение новых технологий и материалов дает возможность уменьшить массу коробок передач, а создание новых синхронизаторов обеспечивает улучшение легкости включения передач.

Многовальные коробки передач представляют собой четырех-шестиступенчатую трехвальную коробку передач со встроенным или совмещенным редуктором. Редуктор может быть повышающим или понижающим. Повышающий редуктор (делитель) устанавливает-

ся перед коробкой передач и предназначен для уменьшения разрыва между передаточными числами соседних передач, незначительно увеличивая диапазон. Делитель имеет обычно две передачи — прямую и повышающую, что позволяет увеличить число передач вдвое.

Понижающий редуктор (демультипликатор) размещается за коробкой передач. Демультипликатор выполняют двух или трехступенчатым и обычно с большим передаточным числом, благодаря чему еще больше расширяется диапазон возможных передаточных чисел.

Механизм переключения передач должен обеспечить четкое переключение, надежную фиксацию включенной передачи и предотвратить возможность одновременного включения нескольких передач. В его состав входят штоки, вилки и фиксаторы. В приводе включения применяют рычаги, тросы и в последнее время гидростатический привод. Для уменьшения трения ползуны механизма переключения покрывают тефлоном или применяют игольчатые подшипники в шарнирах.

КАРДАННАЯ ПЕРЕДАЧА

В трансмиссиях автомобилей карданные передачи применяются для передачи моментов между валами, оси которых не лежат на одной прямой и изменяют свое положение в пространстве. В общем случае, карданная передача состоит из карданных валов, карданных шарниров, промежуточных опор и соединительных устройств (рис. 3.15).

По компоновке карданные передачи классифицируются на закрытые и открытые.

Закрытая карданная передача размещается внутри трубы. Труба может воспринимать силы и реакции, возникающие на ведущем мосту, и служить направляющим элементом подвески (см. гл. 4). В такой карданной передаче применяется только один шарнир, а неравно-

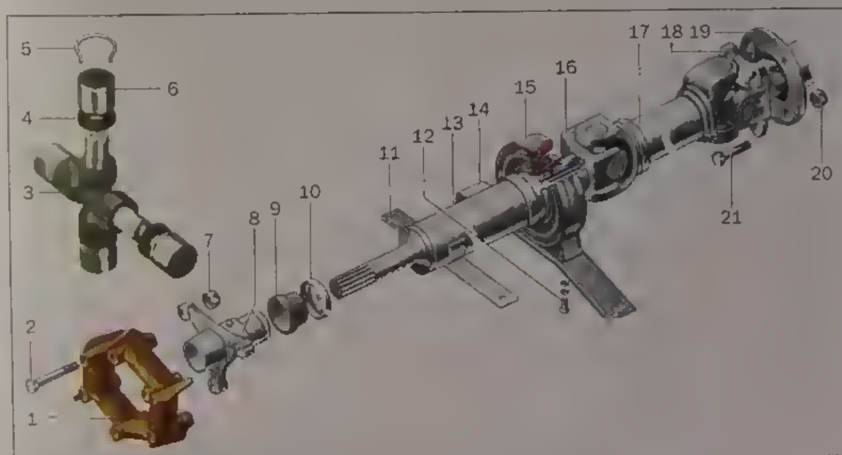


Рис. 3.15. **Карданная передача:** 1 — эластичная муфта; 2 — болт крепления эластичной муфты к фланцу; 3 — крестовина; 4 — сальник; 5 — стопорное кольцо; 6 — подшипник крестовины; 7 — гайка; 8 — фланец эластичной муфты; 9 — сальник; 10 — обойма сальника; 11 — кронштейн безопасности; 12 — болт крепления кронштейна к промежуточной опоре; 13 — передний карданный вал; 14 — кронштейн промежуточной опоры; 15 — промежуточная опора; 16 — вилка переднего карданного вала; 17 — задний карданный вал; 18 — вилка заднего карданного вала; 19 — фланец ведущей шестерни главной передачи; 20 — гайка; 21 — болт крепления вилки

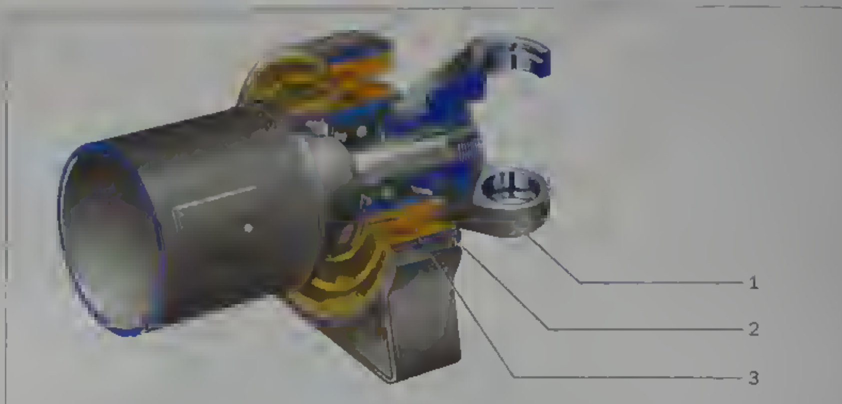


Рис. 3.16. **Конструкция промежуточной опоры:** 1 — вилка; 2 — упругая подушка; 3 — подшипник промежуточной опоры

мерность вращения карданного вала компенсируется его упругостью. Известны конструкции, в которых роль карданного вала выполняет торсион (упругий вал небольшого диаметра), при этом карданные шарниры отсутствуют.

Открытая передача не имеет трубы, и реактивный момент воспринимается рессорами или реактивными тягами. Карданная передача должна иметь не менее двух шарниров и компенсирующее звено, так как расстояние между соединенными агрегатами в процессе движения изменяется. На длиннобазных автомобилях применяют карданную передачу, состоящую из двух валов. Этим исключается возможность совпадения критической угловой скорости вала с эксплуатационной. Уменьшение длины вала повышает его критическую частоту вращения, которая должна как минимум в 1,5 раза превышать максимально возможную при эксплуатации. Конструкция карданной передачи с двумя валами требует применения промежуточной опоры одного из валов (рис. 3.16), подшипник которой для компенсации возможного осевого перемещения силового агрегата на раме или кузове установлен в эластичном кольце.

Карданные шарниры при всем многообразии конструкций и по кинематическим характеристикам и допустимым углам между валами могут быть классифицированы так, как это показано на рис 3.17.

Карданный шарнир неравных угловых скоростей был изобретен в XVI в. итальянским математиком Джироламо Кардано и первоначально нашел применение для подвешивания фонарей в экипажах. Позже английский ученый Роберт Гук дал математическое описание кинематики данного механизма.

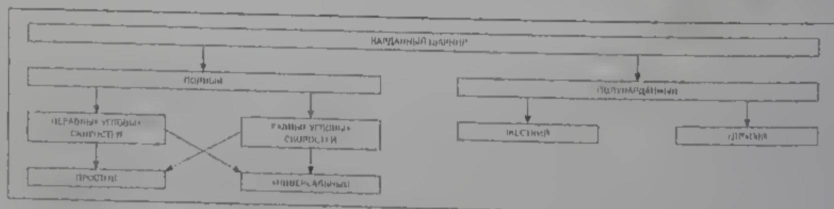


Рис. 3.17 **Классификация карданных шарниров**

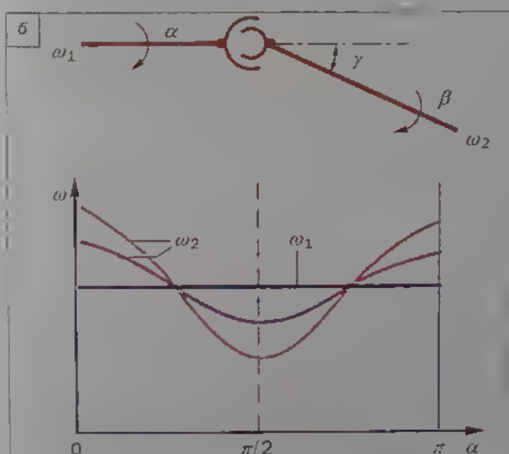


Рис. 3.18. **Детали карданной передачи (а) и график зависимости угловых скоростей (б)**: 1 — шлицевая вилка; 2 — П-образная пластина; 3 — стопорная шайба; 4 — крестовина; 5 — вилка заднего карданного вала; 6 — задний карданный вал; 7 — фланец ведущей шестерни главной передачи; 8 — задний карданный шарнир; 9 — игольчатый подшипник; 10 — стопорное кольцо; 11 — болт; 12 — уплотнительное кольцо; α — угол поворота ведущего вала; β — угол поворота ведомого вала; γ — угол между валами

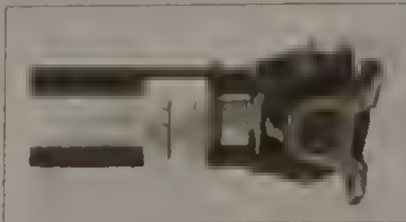


Рис. 3.19. **Карданный шарнир неравиых угловых скоростей**

Анализ схемы карданного шарнира показывает, что при постоянной угловой скорости ведущего вала ведомый вращается циклически (рис. 3.18): за один оборот дважды отстает и дважды обгоняет ведущий вал. При этом с увеличением угла γ между валами неравномерность вращения интенсивно возрастает. Для того чтобы карданная передача с шарнирами неравных угловых скоростей передавала синхронное вращение между валами соединенных агрегатов, она должна состоять из нескольких шарниров, взаимное расположение которых будет компенсировать неравномерную передачу вращения каждого шарнира. По этой причине минимальное количество шарниров должно быть равно 2. При этом в карданной передаче с двумя шарнирами необходимо соблюдение следующих компоновочных требований:

- ведущие вилки расположены под углом 90 ° одна относительно другой;
- углы между валами в обоих шарнирах γ_1 и γ_2 равны между собой;
- все валы лежат в одной плоскости.

Для карданных передач, имеющих число шарниров неравных угловых скоростей более трех, синхронность вращения валов соединенных агрегатов достигается определенным соотношением углов между валами всех шарниров, при этом соотношение зависит от числа шарниров. Карданный шарнир неравных угловых скоростей (рис. 3.19) состоит из двух вилок, в цилиндрические отверстия которых вставлены концы крестовины. Вилки жестко закреплены на валах. При вращении валов концы крестовины перемещаются относительно плоскости, перпендикулярной к оси вала.

Крестовина карданного шарнира должна строго центрироваться для исключения переменного дисбаланса карданного вала при его вращении. Центрирование достигается точной фиксацией обойм подшипников при помощи стопорных колец или крышек, которые прикрепляются к вилкам шарнира. Минимальный угол между валами должен быть не менее 2°, иначе цапфы крестовин деформируются иглами и шарнир быстро разрушается (явление бринеллирования).

Развитие конструкций карданных шарниров неравных угловых скоростей шло по пути снижения потерь, связанных с вращениями концов крестовины в отверстиях вилок. В конструкциях первых шарниров концы крестовины устанавливались на подшипниках скольжения. С учетом того что в трансмиссии многоосных автомобилей число шарниров может превышать два десятка, применение в них подшипников скольжения может существенно снижать общий КПД трансмиссии. В карданных шарнирах современных автомобилей применяются только игольчатые подшипники качения.

В прежних конструкциях применялась смазка, которую было необходимо периодически обновлять через специальную масленку. Карданные шарниры современных автомобилей обычно заправляются высококачественной пластичной смазкой, при сборке и в эксплуатации ее не заменяют.

ПОЛУКАРДАННЫЕ ШАРНИРЫ

Упругие полукарданные шарниры допускают передачу крутящего момента между двумя валами, расположенными под некоторым углом, друг к другу; это достигается за счет деформации упругого звена, связывающего оба вала. Упругое звено может быть резиновым или резинотканевым, усиленным высокопрочными искусственными нитями или стальным тросиком.

Упругая муфта Гуибо (рис. 3.20) представляет собой предварительно сжатый резиновый упругий шестигранный элемент с привулканизированными металлическими вкладышами. Резина лучше работает на сжатие, чем на растяжение, поэтому предварительное напряже-

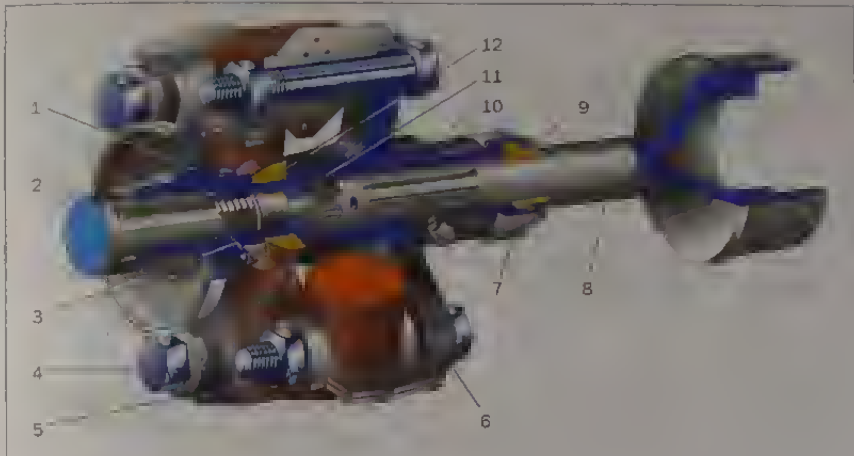


Рис. 3.20. **Упругая муфта Гуибо**: 1 — гайка; 2 — ведомый вал коробки передач; 3 — шайба стопорная; 4 — болт (3 шт.); 5, 6 — фланцы муфты; 7 — обойма; 8 — карданный вал; 9 — сальник; 10 — стопорное кольцо; 11 — центрирующее кольцо; 12 — уплотнитель

ние снижает напряжение растяжения при передаче через шарнир крутящего момента. Эта муфта отличается хорошим демпфированием крутильных колебаний и конструктивных стуков. Кроме того, она допускает угол между соединяемыми валами до 8° и осевое перемещение до ±12 мм, а также исключает необходимость обслуживания. Применение такой муфты в высокооборотных трансмиссиях требует установки центрирующего элемента.

Жесткий карданый шарнир, предназначенный для компенсации неточностей монтажа, имеет существенные недостатки: шум при работе, низкую долговечность, трудоемкость изготовления. По указанным причинам на автомобилях применяются крайне редко.

ШАРНИРЫ РАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ

Передние ведущие колеса полноприводных и переднеприводных автомобилей являются также и управляемыми, т. е. должны поворачиваться, что требует использования между колесом и полуосью шарнирного соединения. Рассмотренные выше карданные шарниры неравных угловых скоростей передают вращение циклически и работают при небольших значениях углов между валами, что делает в этом случае их применение проблематичным. В этих условиях нашли применение синхронные шаровые сочленения, называемые шарнирами равных угловых скоростей (ШРУС). В переднеприводном автомобиле обычно используются два внутренних таких шарнира (связаны с коробкой передач) и два внешних (крепятся к колесам). Устройство этих шарниров можно представить так: в каждом шарнире имеются две главные детали — корпус и обойма, одна в другой. В этих деталях выполнены канавки с шариками, которые, по сути дела, жестко соединяют обе сферические детали, через них и передается вращение от двигателя к колесу. В то же время, двигаясь в канавках, шарики позволяют одной сферической детали поворачиваться относительно другой и при этом осуществлять поворот колеса. При всем многообразии конструктивных решений, в шарнирах равных угловых скоростей должен выдерживаться единый принцип: точки контакта, через которые передаются окружные силы, должны находиться в плоскости, проходящей через биссектрису угла между валами (в биссекторной плоскости) (рис. 3.21).

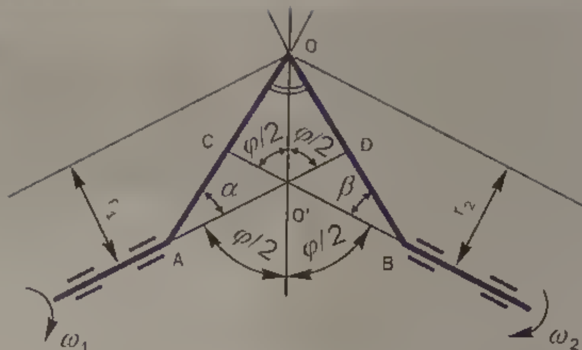


Рис. 3.21. **Схема ШРУСа:** ω_1, ω_2 — угловые скорости валов 1 и 2 соответственно; α, β — угол шарнира; О — точка контакта рычагов валов 1 и 2; r_1, r_2 — радиусы вращения рычагов вала 1 и вала 2 соответственно; OO' — биссектриса угла φ

Это условие можно обеспечить различными способами. Простейшее решение — объединить два обычных карданных шарнира неравных угловых скоростей так, чтобы ведомая вилка одного служила ведущей вилкой другого. Такая конструкция получила название сдвоенного карданного шарнира.

Первые конструкции сдвоенных шарниров в 20-х гг. прошлого века были довольно громоздки, не оставляли в ступице переднего колеса места для тормозного механизма, который приходилось перемещать к картеру главной передачи. Однако со временем сдвоенные карданные шарниры совершенствовались, становились более компактными и продержались на легковых автомобилях до 60-х гг. Для сдвоенных шарниров на игольчатых подшипниках характерен усиленный износ этих подшипников и шипов крестовины, так как благодаря преимущественно прямолинейному движению автомобиля иглы подшипников не перекатываются, вследствие чего поверхности деталей, с которыми они соприкасаются, подвержены бринеллированию, а сами иглы иногда сплющиваются.

КУЛАЧКОВЫЕ КАРДАННЫЕ ШАРНИРЫ

В 1925 г. на переднеприводных автомобилях появляется шарнир «Тракта» (рис. 3.22а), состоящий из четырех штампованных деталей: двух втулок и двух фасонных кулаков, трущиеся поверхности которых подвергаются шлифованию. Если разделить по оси симметрии кулачковый карданный шарнир, то каждая часть будет представлять собой карданный шарнир неравных угловых скоростей с фиксированными осями качания (так же, как у сдвоенного карданного шарнира). В нашей стране был разработан кулачково-дисковый шарнир, который применяется на полноприводных грузовиках КрАЗ, Урал, КамАЗ. Шарнир (рис. 3.22б) состоит из пяти простых по конфигурации деталей: двух вилок, двух кулаков и диска.

Кулачковые шарниры благодаря наличию развитых поверхностей взаимодействующих деталей способны передавать значительный по величине крутящий момент при обеспечении угла между валами до 45°. Но трение скольжения между контактирующими поверхностями приводит к тому, что этот шарнир имеет самый низкий КПД из всех шарниров равных угловых скоростей. Следствием этого является значительный нагрев и задиры на деталях шарнира.

Недостатки сдвоенных шарниров и шарниров кулачкового типа были толчком к поиску новых решений, и в 1923 г. немецкий изобретатель Карл Вейс запатентовал шариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Вейс») (рис. 3.23).

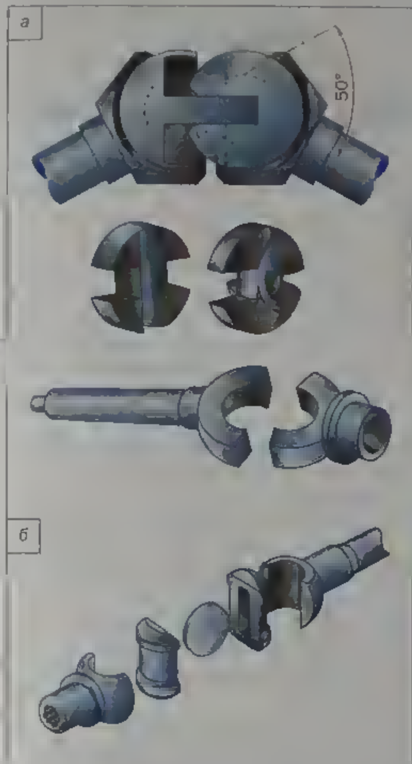


Рис. 3.22. **Кулачковые карданные шарниры: а — шарнир «Тракта», б — дисковый**

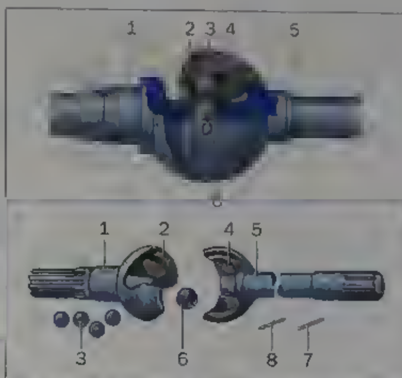


Рис. 3.23. **Шарнир с делительными канавками типа «Вейс»:** 1, 5 — валы; 2, 4 — кулаки; 3 — шарики; 6 — центрирующий шарик; 7, 8 — фиксирующие штифты



Рис. 3.24. **Шестишариковый шарнир с делительными канавками**

Особенностью этого шарнира является то, что при движении автомобиля вперед движение передается одной парой шариков, а задним ходом — другой парой. Передача усилий только двумя шариками при точечном контакте приводит к большим контактным напряжениям. Поэтому он обычно устанавливается на автомобили с нагрузкой на ось, не превышающей 30 кН. В годы Второй мировой войны подобные шарниры производства фирмы «Бендикс» устанавливались на такие автомобили, как Виллис, Студебекер, Додж. В отечественной практике они применяются на автомобилях УАЗ, ГАЗ-66.

Сочленения типа «Вейс» технологичны и дешевы в производстве, позволяют получать угол между валами до 32°. Но срок службы из-за высоких контактных напряжений обычно не превышает 30 тыс. км.

В 1927 г. появился шариковый шарнир с делительным рычажком. Шарнир технологически сложен, но он более компактен, нежели шарнир с делительными канавками, и может работать при углах между валами до 40°. Так как усилие в этом шарнире передается всеми шестью шариками, он обеспечивает передачу большого крутящего момента при малых размерах. Долговечность его достигает 100–200 тыс. км.

Дальнейшей эволюцией этого подхода является шестишариковый шарнир типа «Бирфильд» с делительными канавками (рис. 3.24).

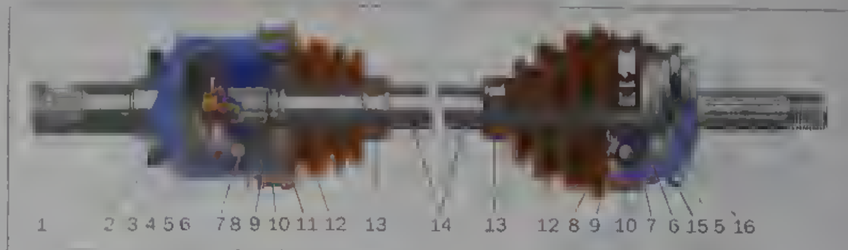


Рис. 3.25. **Универсальный шестишариковый карданный шарнир (тип GKN)**: 1 — стопорное кольцо корпуса внутреннего шарнира; 2 — защитное кольцо внутреннего шарнира; 3 — корпус внутреннего шарнира; 4 — упор вала; 5 — стопорное кольцо; 6 — обойма; 7 — шарик; 8 — упорное кольцо; 9 — сепаратор; 10 — наружный хомут; 11 — фиксатор внутреннего шарнира; 12 — защитный чехол; 13 — внутренний хомут; 14 — вал привода колеса; 15 — защитное кольцо наружного шарнира; 16 — корпус наружного шарнира

Такой шарнир может работать при угле между валами до 45°. Шарниры этого типа имеют высокую долговечность. Основной причиной преждевременного разрушения шарнира является повреждение эластичного защитного чехла. По этой причине автомобили высокой проходимости часто имеют уплотнение в виде стального колпака. Однако это приводит к увеличению габаритов шарнира и ограничивает угол между валами до 40°. Данный тип шарниров широко применяется в карданной передаче передних управляемых и ведущих колес современных автомобилей. Он устанавливается на наружном конце карданного вала; при этом на внутреннем конце необходимо устанавливать шарнир равных угловых скоростей, способный компенсировать изменение длины карданного вала при деформации упругого элемента подвески. Такие функции совмещает в себе универсальный шестишариковый карданный шарнир (тип GKN) (рис. 3.25).

Осевое перемещение обеспечивается перемещением шариков по продольным канавкам корпуса, при этом, требуемая величина перемещения определяет длину рабочей поверхности, что влияет на размеры шарнира. Максимальный допустимый угол наклона вала в данной конструкции ограничивается 20°. При осевых перемещениях шарики не перекатываются, а скользят, что снижает КПД шарнира.

ГЛАВНАЯ ПЕРЕДАЧА

Главная передача обеспечивает постоянное увеличение крутящего момента и передачу его на полуоси, расположенные под углом 90° к продольной оси автомобиля и далее к ведущим колесам.

По типу основных пар шестерен главные передачи разделяются на червячные, конические, гипоидные и цилиндрические.

Если главная передача имеет одну пару шестерен, то ее называют одинарной, если две пары — двойной.

Червячная главная передача (рис. 3.26), по сравнению с главными передачами других типов, имеет наименьшие габариты и наиболее бесшумна. Однако она имеет низкий КПД (0,9–0,92), трудоемка в изготовлении и требует применения для зубчатого венца дорогостоящей оловянистой бронзы. В связи с этим в настоящее время не применяется.

Коническая главная передача (рис. 3.27) начала широко применяться на автомобилях с 1913 г., когда фирма «Глисон» разработала зацепление с круговым зубом. Конструктивной особенностью конической передачи является то, что вершины начальных конусов

ведущей и ведомой шестерен лежат в одной точке. Силы, действующие между шестернями такой передачи, стремятся нарушить правильность зацепления конических шестерен, и поэтому необходимо обеспечить достаточную жесткость всех элементов главной передачи: картера, валов, подшипниковых узлов. Здесь, как правило, применяются роликовые конические подшипники, которые устанавливаются с предварительным натягом. Для уменьшения влияния точности зацепления на работу зубчатой пары, радиус кривизны зуба ведущей шестерни выполняется несколько меньшим, чем радиус кривизны зуба ведомой шестерни.

Коническая передача имеет достаточно высокий КПД (0,97–0,98), так как между зубьями невелико трение скольжения. В то же время она имеет наибольшие габариты и является самой шумной из существующих передач.

Гипоидная главная передача (рис. 3.28) появилась на автомобиле в 1925 г. в результате стремления снизить центр масс автомобилей. Вначале ее применяли только на легковых автомобилях, но, когда проявились все достоинства гипоидной передачи, ее стали широко применять и на грузовиках. В отличие от конической в гипоидной передаче оси зубчатых колес не пересекаются. При этом ось ведущей шестерни смещена относительно оси ведомой шестерни, как правило, вниз.

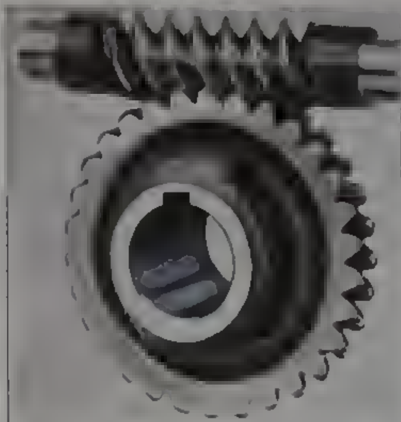


Рис. 3.26. **Червячная передача**

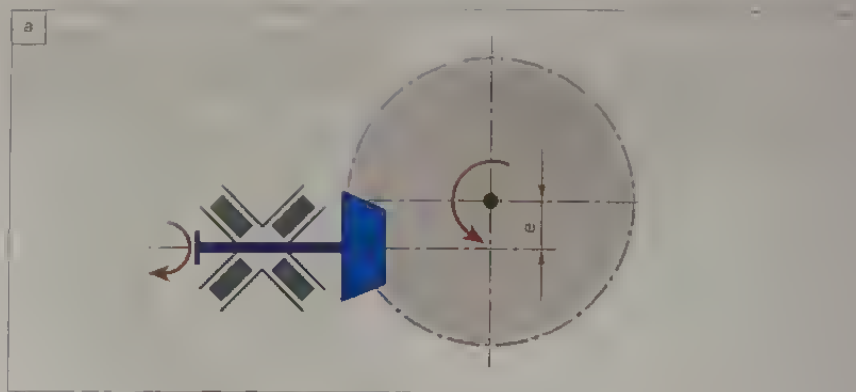


Рис. 3.27. **Коническая передача**

Основным достоинством гипоидной передачи являются: меньшие по сравнению с конической габариты; меньшая нагрузка на зуб и низкий уровень шума, так как в зацеплении постоянно находится большее, по сравнению с конической передачей, число зубьев; возможность влияния на компоновку автомобиля (понижение центра масс, уменьшение тоннеля в полу кузова, через который проходит карданная передача и т. д.). В то же время наличие смещения обусловливает присутствие в зацеплении повышенного трения скольжения, что снижает КПД до 0,96.

Цилиндрическая главная передача (рис. 3.29) применяется в переднеприводных автомобилях при поперечном расположении двигателя. В существующих конструкциях зубья цилиндрической передачи выполняются косыми или шевронными. Передаточное число обычно принимают равным 3,5–4,2. Увеличение передаточного числа выше указанного диапазона приводит к увеличению габаритов и уровня шума главной передачи. КПД цилиндрической пары наиболее высокий — не менее 0,98–0,99.

Двойные главные передачи (рис. 3.30) применяются на грузовых автомобилях при необходимости получения больших передаточных чисел. По компоновке они выполняются центральными и разделенными. Центральные двойные главные передачи представляют собой



б

1 2 3 4 5 6

19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7

Рис. 3.28. **Гипоидная главная передача: а — схема; б — конструкция:** 1 — картер заднего моста; 2 — полуось; 3 — гайка подшипников дифференциала; 4 — подшипник дифференциала; 5 — ведомая шестерня главной передачи; 6 — сапун; 7 — гайка; 8 — шайба; 9 — фланец ведущей шестерни; 10 — манжета; 11 — грязеотражатель; 12, 14 — подшипники ведущей шестерни; 13 — распорное кольцо; 15 — регулировочное кольцо; 16 — ведущая шестерня; 17 — картер редуктора; 18 — болт; 19 — стопорная пластина

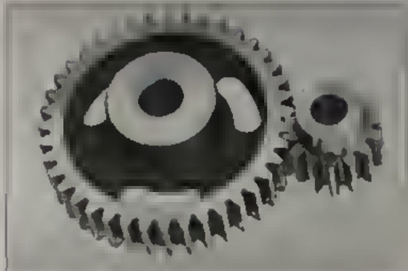


Рис. 3.29. **Цилиндрическая передача**

сочетание конической или гипоидной пары с цилиндрической, которые объединены в общем картере.

Разнесенные главные передачи состоят из центрального редуктора в виде конической или гипоидной пары и двух редукторов, размещенных в ступицах колеса (рис. 3.31) или близко к колесам.

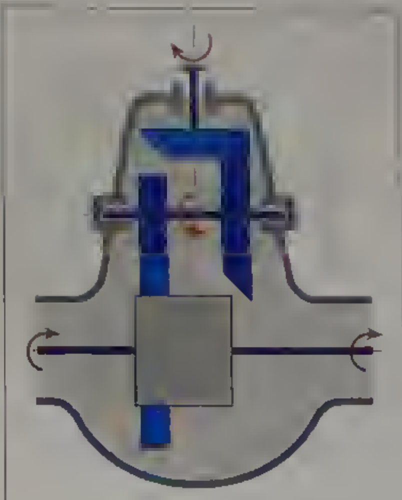


Рис. 3.30. **Двойная главная передача**

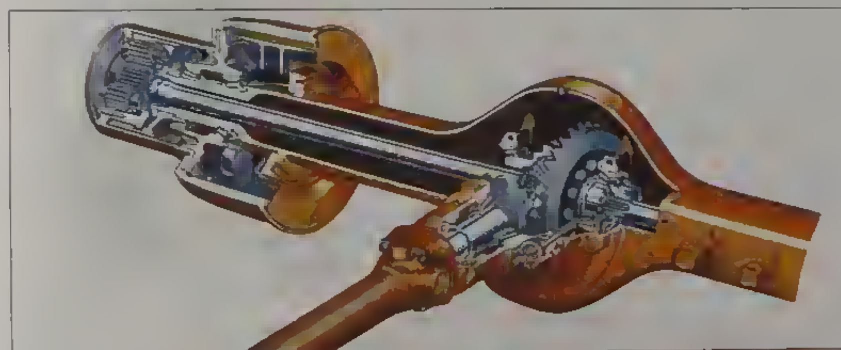
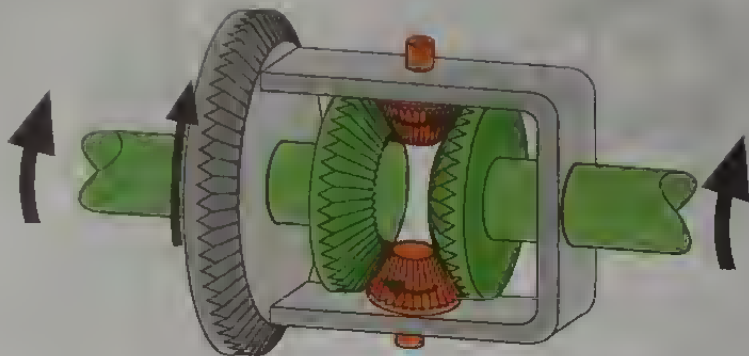


Рис. 3.31. **Ведущий мост грузового автомобиля с разнесенной главной передачей и колесными планетарными редукторами**

ДИФФЕРЕНЦИАЛ

При повороте автомобиля, все его колеса проходят разный по длине путь, и если между двумя ведущими колесами существует жесткая связь, они начнут проскальзывать. Скольжение колес при повороте приводит к повышенному расходу топлива, износу шин, нарушению устойчивости и т. п.

Дифференциал позволяет ведомым валам вращаться с разными угловыми скоростями и выполняет функции распределения подводимого к нему крутящего момента между колесами или ведущими мостами. Дифференциалы бывают межколесными и межосевыми (в случае установки между несколькими ведущими мостами).



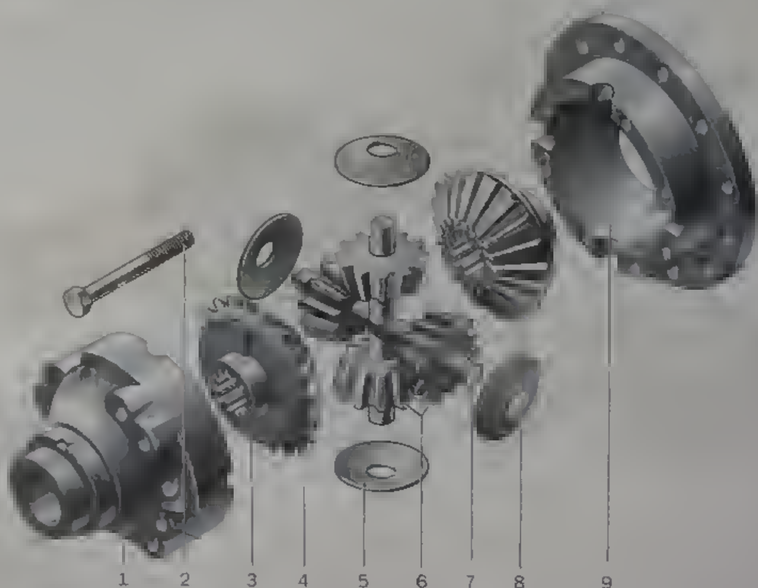


Рис. 3.32. **Схема работы (а) и детали (б) конического симметричного дифференциала:** 1 — коробка сателлитов дифференциала правая; 2 — болт коробки сателлитов; 3 — опорная шайба шестерни; 4, 8 — полуосевые шестерни; 5 — опорная шайба сателлита; 6 — сателлиты; 7 — ось сателлитов; 9 — левая коробка сателлитов дифференциала

Впервые дифференциал был применен в 1897 г. на паровом автомобиле. В настоящее время все автомобили имеют межколесные дифференциалы на ведущих мостах. Наиболее распространенным является конический симметричный дифференциал (рис. 3.32), включающий в себя корпус, сателлиты, ось сателлитов (или крестовину) и полуосевые шестерни. Обычно число сателлитов в дифференциалах легковых автомобилей — два, грузовых и внедорожных — четыре.

Симметричный дифференциал получил свое название за способность распределять подводимый момент поровну при любом соотношении угловых скоростей, соединенных с ним валов. Применение такого дифференциала в качестве межколесного, обеспечивает устойчивость при прямолинейном движении, а также при торможении двигателем на скользкой дороге.

Существенным недостатком обычного дифференциала является снижение проходимости автомобиля, если одно из его колес попадает в условия малого сцепления с опорной поверхностью. При этом на колесо, находящееся в нормальных сцепных условиях, нельзя подвести крутящий момент, превышающий тот, который может быть реализован на колесе, находящемся в условиях малого сцепления (это приводит к пробуксовке колеса). Для преодоления этого недостатка в некоторых конструкциях используются различные устройства, которые рассмотрены ниже (см. §22 раздел «Дифференциалы полноприводных автомобилей»).

§ 21

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ

Переключение передач на первых автомобилях было довольно трудным делом и требовало определенного навыка. Поэтому уже тогда появлялись конструкции автоматических трансмиссий. Некоторые изобретатели пытались автоматизировать механические коробки передач, создавая хитроумные устройства, копирующие действия водителя при переключении передач, другие создавали бесступенчатые трансмиссии, используя различные устройства (в основном фрикционные), которые могут плавно изменять крутящий момент.

Все такие конструкции, как правило, были сложными, ненадежными и малоэффективными, потому, что в те времена не существовало соответствующих технологий и надежных систем управления. По мере развития конструкций механических коробок передач, сцеплений, появления синхронизаторов, процесс управления механической коробкой упростился и теперь для переключения передач не требуется большого опыта. В то же время, рост интенсивности движения, особенно на улицах больших городов приводит к тому, что многие водители предпочитают автоматические трансмиссии, избавляющие их от постоянного управления сцеплением и коробкой передач.

Автоматические трансмиссии, позволяющие водителю управлять режимом движения с помощью только двух педалей: «газа» и тормоза, могут иметь коробку передач или не иметь ее. Ко второму типу относятся гидрообъемные и электрические трансмиссии, которые позволяют в определенном диапазоне получить любое передаточное число.

В гидрообъемной трансмиссии гидравлический насос, приводимый в действие от двигателя внутреннего сгорания, соединяется трубопроводами с гидродвигателями, которые приводят в действие ведущие колеса автомобиля. Гидростатический напор жидкости, создаваемый насосом, преобразуется в крутящий момент на валах гидродвигателей. Гидрообъемные трансмиссии не получили широкого распространения на автомобилях из-за низкого КПД и высокой стоимости, но довольно часто используются в дорожно-строительных машинах

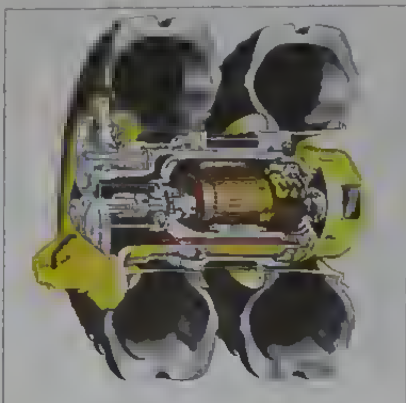


Рис. 3.33. **Мотор-колесо автомобиля**

В электрических трансмиссиях ведущие колеса автомобиля приводятся в действие электродвигателями, к которым от генератора подается электрический ток. Электродвигатель с редуктором может располагаться непосредственно внутри колеса. Такая конструкция носит название мотор-колеса (рис. 3.33).

Электрические трансмиссии в ближайшем будущем получат широкое распространение при переходе к альтернативным источникам энергии (см. гл. 8).

В автоматических трансмиссиях с коробками передач используются ступенчатые (автоматизированные), бесступенчатые (вариаторы) и комбинированные (гидромеханические) коробки передач.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Гидромеханическая передача (ГМП) успешно применяется на автомобилях уже более полувека и дает возможность заметно облегчить управление автомобилем.

Применение гидромеханической передачи на автомобиле позволяет получить следующие преимущества:

1. Обеспечение автоматизации переключения передач и отсутствие необходимости иметь педаль сцепления.
2. Повышение проходимости автомобиля в условиях бездорожья за счет отсутствия разрыва потока мощности при переключении передач.
3. Повышение долговечности двигателя и агрегатов трансмиссии за счет способности гидротрансформатора снижать динамические нагрузки.

В то же время как недостаток необходимо отметить потерю мощности и повышение расхода топлива за счет более низкого КПД ГМП по сравнению с автомобилем, имеющим механическую коробку передач.

Гидромеханическая передача включает в себя три основные части:

- гидротрансформатор;
- механическую коробку передач;
- систему управления.

На автомобилях ГМП впервые появилась в США: в 1940 г. коробка Hydramatic была установлена на автомобилях Oldsmobile. Справедливости ради необходимо отметить, что еще с начала 1930-х гг. на английских автобусах использовалась гидромеханическая трансмиссия Wilson, которая не была автоматической, но облегчала работу водителя. В настоящее время в США ГМП снабжаются 90 % легковых автомобилей, а также все городские автобусы и значительная часть грузовых автомобилей. В Европе массовое применение ГМП началось только в начале семидесятых годов прошлого века, когда эти передачи нашли применение в автомобилях Mercedes-Benz, Opel, BMW. В это же время в Европе строятся специализированные заводы по производству ГМП: фирма Borg-Warner строит завод в Англии (г. Летифорд), Ford — в г. Бордо (Франция), GM — в Страсбурге (Франция). В Японии появляются сразу два специализированных производства — Jatco и Aisin-Warner.

Гидротрансформатор (рис. 3.34; 3.35) был изобретен немецким профессором Феттингером в 1905 г. Прежде чем найти применение на автомобилях, гидротрансформатор использовался на судах и тепловозах.

Простейший гидротрансформатор, выполнен в виде камеры тороидальной формы и включает в себя три лопастных колеса: **насосное**, вал которого соединен с коленчатым валом двигателя; **турбинное**, соединенное с трансмиссией, и **реактор**, установленный в корпусе гидротрансформатора (рис. 3.36).

Гидротрансформатор заполняется специальной жидкостью. Каждое колесо имеет наружный и внутренний торцы, между которыми располагаются профилированные лопасти, образующие каналы для протока жидкости. Все колеса гидротрансформатора максимально приближены друг к другу, а вытеканию жидкости препятствует специальное уплотнение.



Рис. 3.34. **Схема гидротрансформатора:** 1 — блокировочная муфта; 2 — турбинное колесо; 3 — насосное колесо; 4 — реакторное колесо; 5 — механизм свободного хода



Рис. 3.35. **Внешний вид гидротрансформатора**

При вращении коленчатого вала двигателя вращается насосное колесо, которое перемещает жидкость, находящуюся между его лопастями. Жидкость не только вращается относительно оси гидротрансформатора, но и за счет воздействия на нее центробежных сил перемещается вдоль лопастей насосного колеса по направлению от входа к выходу, что сопровождается увеличением кинетической энергии потока. На выходе из насосного колеса поток жидкости попадает на турбинное колесо, оказывая силовое воздействие на его лопасти. Затем поток попадает в реактор, пройдя который, возвращается к входу в насосное колесо. Таким образом, жидкость постоянно перемещается по замкнутому кругу циркуляции, образованному проточными частями всех трех лопастных колес, и находится с ними в силовом взаимодействии. При этом насос передает энергию двигателя потоку, а тот, в свою очередь, — турбине.

Если бы между насосным и турбинным колесами отсутствовал реактор, то такая конструкция (гидромуфта) осуществляла бы перенос энергии от двигателя к трансмиссии гидравлическим способом, без возможности изменения крутящего момента. Расположенный между колесами гидротрансформатора неподвижный реактор, имеет лопасти специального профиля, которые изменяют направление потока жидкости, выходящей из турбинного колеса и направляют его под определенным углом на лопасти насосного колеса. Это позволяет значительно увеличить передаваемый от двигателя в трансмиссию крутящий момент.

Любой гидротрансформатор характеризуется определенным КПД, передаточным отношением, которое показывает соотношение угловых скоростей его колес, и коэффициентом трансформации, показывающим, во сколько раз увеличивается значение крутящего момен-



Рис. 3.36. **Детали гидротрансформатора:** 1 — насосное колесо; 2 — турбинное колесо; 3 — крышки муфты свободного хода; 4 — часть корпуса гидротрансформатора; 5 — остатки рабочей жидкости с продуктами механического износа деталей; 6 — колесо реактора; 7 — муфта свободного хода реактора; 8 — упорная шайба турбинного колеса; 9 — упорный подшипник реактора; 10 — поршень блокировки гидротрансформатора

та. Максимальный коэффициент трансформации зависит от конструкции гидротрансформатора и может составлять до 2,4 (при неподвижном турбинном колесе). При увеличении частоты вращения вала двигателя увеличивается угловая скорость насосного и турбинного колес, а увеличение крутящего момента в гидротрансформаторе плавно уменьшается. Когда угловая скорость турбинного колеса приближается к угловой скорости насосного, поток жидкости, поступающей на лопасти реактора, изменяет свое направление на противоположное.

Для того чтобы реактор на этом режиме не создавал помех потоку жидкости, его устанавливают на муфте свободного хода, и он начинает свободно вращаться (гидротрансформатор переходит на режим гидромуфты), что позволяет, в свою очередь, снизить потери. Такие гидротрансформаторы называют комплексными.

КПД гидротрансформатора определяет экономичность его работы. Максимальное значение КПД гидротрансформатора может быть от 0,85 до 0,97, но обычно находится в диапазоне от 0,7 до 0,8. В комплексном гидротрансформаторе на режиме гидромуфты можно получить максимальное значение КПД — 0,97.

Изменение режимов работы гидротрансформатора происходит автоматически. Если увеличивать нагрузку на выходе из гидротрансформатора, то происходит уменьшение угловой скорости турбины, что приводит к увеличению коэффициента трансформации.

К сожалению, гидротрансформатор имеет малый диапазон передаточных чисел, не обеспечивает движения задним ходом, не разобщает двигатель от трансмиссии (необходима сложная система опорожнения проточных частей от рабочей жидкости). Поэтому за гидротрансформатором устанавливают специальную коробку передач, которая компенсирует

указанные недостатки. Такая гидромеханическая передача является бесступенчатой и позволяет получить любое передаточное число в заданном диапазоне.

В гидромеханических передачах в основном применяются механические планетарные коробки передач, которые легко поддаются автоматизации, но иногда используют и обычные ступенчатые коробки передач с автоматическим управлением.

Простая планетарная передача состоит из центральной, «солнечной», шестерни и наружной шестерни в виде кольца, с внутренними зубьями; эти две шестерни связаны между собой посредством нескольких (обычно трех) шестерен-сателлитов, смонтированных на общей раме, которая называется водилом.

Для того чтобы планетарная передача изменяла крутящий момент, нужно обеспечить вращение одного из ее элементов («солнечной», коронной шестерни или водила), а один из элементов затормозить. В этом случае третий элемент будет вращаться с угловой скоростью, определяемой числом зубьев шестерен, входящих в планетарную передачу. Если одновременно затормозить два элемента, планетарная передача будет работать, как прямая с передаточным числом равным единице. Планетарная передача позволяет легко реверсировать вращение для получения заднего хода автомобиля. В то же время такие передачи достаточно компактны, обеспечивают возможность получения больших передаточных чисел и легко соединяются последовательно для получения большого числа ступеней. Для переключения передач достаточно просто затормаживать валы отдельных элементов планетарной коробки передач. Раньше в качестве тормозных устройств часто использовали ленточные тормоза, а в последнее время они практически вытеснены многодисковыми «мокрыми» сцеплениями — фрикционами. Существуют и более сложные варианты планетарных передач.

Первые американские ГМП легковых автомобилей имели двухступенчатую передачу, причем низшая передача включалась вручную. Однако впоследствии одной авто-

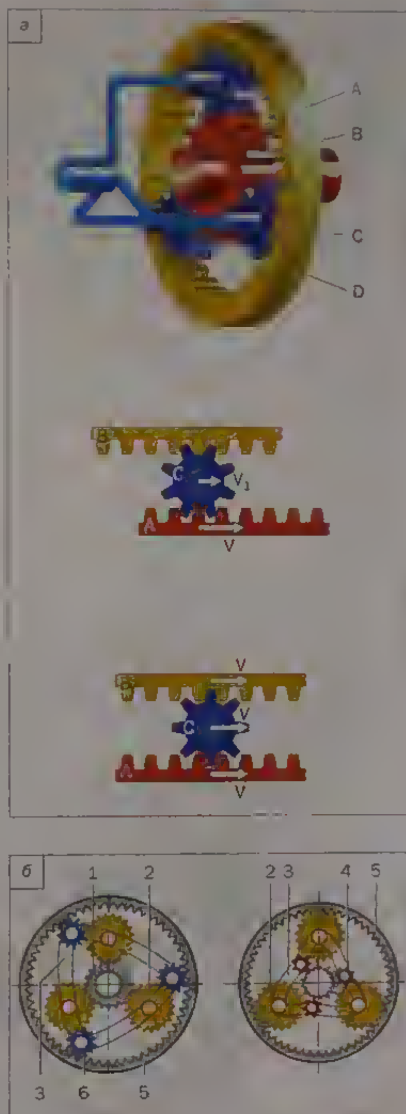


Рис. 3.37. **Простая планетарная передача (а)**: А — солнечное колесо; В — эпицикл; С — сателлиты; D — водило; V — линейная скорость; **и схема планетарной передачи (б)**: 1 — солнечная шестерня; 2, 4, 6 — сателлиты; 3 — водило; 5 — коронная шестерня

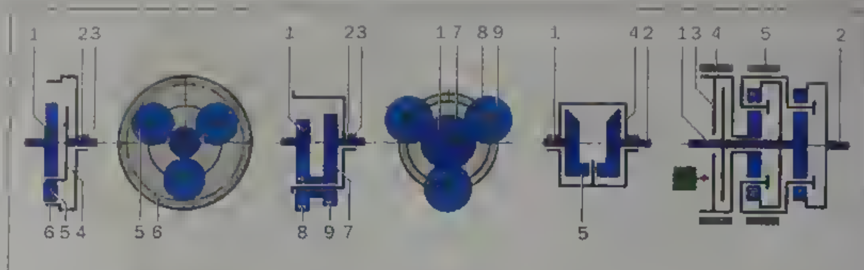


Рис. 3.38. **Варианты исполнения планетарных передач:** 1, 2, 3 — валы; 4 — водило; 5, 8, 9 — сателлиты; 6, 7 — коронное зубчатое колесо

матической передачи оказалось явно недостаточно и появились ГМП с двумя и тремя автоматическими передачами. Для повышения топливной экономичности, гидротрансформаторы стали делать блокирующимися — после разгона на высшей передаче насосное и турбинное колеса жестко соединялись фрикционной муфтой. Затем в конце 1980-х гг. блокировку гидротрансформатора стали применять на всех передачах, кроме первой.

Система автоматического управления обычно состоит из следующих подсистем:

— функционирования (гидравлические насосы, регуляторы давления);
— измерительная, собирающая информацию о параметрах управления;
— управляющая, вырабатывающая управляющие сигналы;
— исполнительная, осуществляющая управление переключением передач, работой двигателя;
— подсистема ручного управления;
— подсистема автоматических защит, предотвращающая возникновение опасных ситуаций.

Конец 80-х гг. ознаменовался повсеместным внедрением электроники. Она позволяет гораздо точнее выдерживать заданные моменты переключения (с точностью до 1 % вместо прежних 6–8 %). Появились дополнительные возможности: по характеру измене-

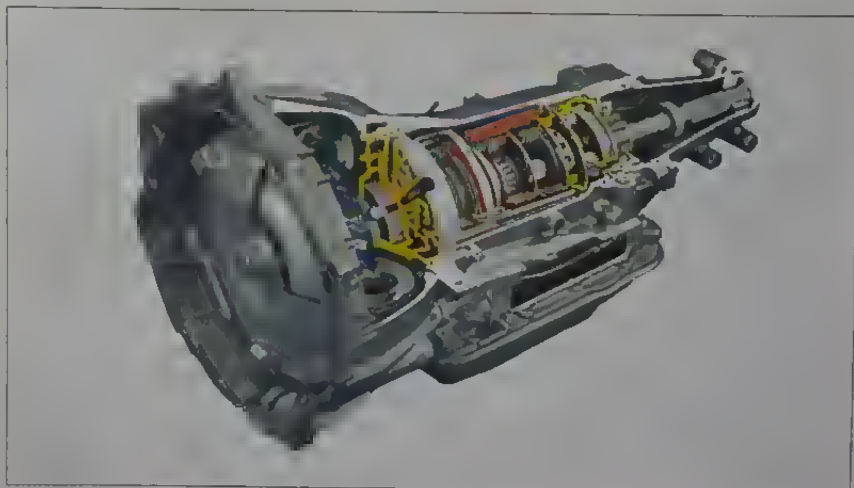


Рис. 3.39. **Современная четырехступенчатая ГМП автомобиля классической компоновки**

ния скорости при данной нагрузке на двигатель компьютер может вычислить массу автомобиля и ввести соответствующие поправки в алгоритм переключения. Электронное управление предоставило неограниченные возможности для самодиагностики, что позволило корректировать процессы управления в зависимости от многих параметров (от температуры и вязкости жидкости до степени износа фрикционных элементов).



Рис. 3.40. **Гидромеханическая коробка передач 7G-Tronik — первая в мире семиступенчатая автоматическая коробка (Mercedes-Benz)**

Однако, как и прежде, многое зависит от выбора закона переключения и организации переходного процесса переключения передач, а также тщательного согласования их с характеристиками двигателя. Например, многие автомобили BMW, Audi, Jaguar имеют одинаковые по конструктивным особенностям автоматические коробки передач одной и той же фирмы Zanradfabrik (ZF), но они работают совершенно по-разному.

Рис. 3.41. **Устройство коробки передач 7G-Tronik:** 1 — ведущий вал; 2 — фрикцион блокировки гидротрансформатора с гасителем крутильных колебаний; 3 — масляный насос с контролем давления; 4 — фрикционы и планетарные передачи; 5 — выходной вал; 6 — стояночный тормоз; 7 — селектор; 8 — электронный блок управления; клапаны и датчики, встроенные в поддон; 9 — электронный блок переключения передач; 10 — высокоскоростные соленоиды; 11 — гидротрансформатор



Рис. 3.42. **Основные элементы электронной системы управления**: 1 — блок управления; 2 — соединительный кабель; 3 — рычаг управления; 4 — электрический разъем; 5 — ГМП

С сентября 2003 г. на автомобили Mercedes-Benz классов E, S, SL и CL устанавливаются гидромеханические коробки передач 7G-Tronik (рис. 3.40). Эта семиступенчатая автоматическая коробка передач пришла на смену пятиступенчатому варианту ГМП. Новая ГМП позволила снизить расход топлива в среднем на 5 % в зависимости от модели автомобиля. Переключение передач происходит быстрее и более плавно.

Переключение передач осуществляется тремя многодисковыми тормозами, на которые оказывают воздействие гидравлические цилиндры. Давление в системе управления создает гидронасос с приводом от двигателя через насосное колесо гидротрансформатора. В нижнюю часть коробки устанавливается гидравлическое исполнительное золотниковое устройство, которое с помощью электромагнитных клапанов и по команде блока управления соединяет гидронасос с гидравлическими элементами сцепления и тормозов.

Основными элементами электронной системы управления являются электронный блок и рычаг управления. В правом секторе рычаг может занимать четыре позиции:

P — режим парковки;

R — задний ход;

N — нейтральная передача;

D — движение в режиме автоматического переключения передач.

При положении рычага в позиции D программа обеспечивает различные алгоритмы переключения в соответствии с сопротивлением движения, нагрузкой, положением педали «газа», дорожной ситуацией.

Алгоритмы управления соответствуют движению в различных условиях:
- движение с постоянной высокой скоростью;
- городской режим движения;
- горный режим движения;
- режим буксировки;
- движение на поворотах.

При перемещении рычага влево водитель переводит коробку передач в режим ручного переключения. Движением рычага вперед-назад — включение повышающей-понижающей передачи. Такое переключение передач принято называть секвентальным (последовательным). Электронный блок управления является адаптивным, он запоминает манеру вождения водителя и корректирует алгоритмы автоматического переключения передач.

КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ВАРИАТОРАМИ

Коробки передач с вариаторами являются бесступенчатыми и дают возможность получить в заданном ограниченном диапазоне любое передаточное число. Во многих странах такие коробки передач обозначают буквами CVT (Continuously Variable Transmission) — постоянно изменяющаяся трансмиссия. История использования вариаторов различных типов в трансмиссиях легковых автомобилей насчитывает почти сто лет. В настоящее время в автоматических коробках передач применяют клиноременные и тороидные вариаторы.

КЛИНОРЕМЕННЫЕ ВАРИАТОРЫ

Впервые на серийном автомобиле трансмиссия с клиноременным вариатором DAF Variomatic была использована в 1950 г. В трансмиссии Variomatic использовался бесконечный резиновый приводной ремень, зажатый между коническими поверхностями шкивов. Расстояние между двумя половинками шкивов изменялось, поэтому изменялся рабочий радиус ведущего шкива, а это в свою очередь заставляло изменять радиус ведомого шкива, половины которого сжимались пружиной. Такая конструкция обладала существенными недостатками. Резиновые ремни, расположенные под днищем автомобиля, быстро разрушались, и их замена являлась довольно сложной операцией. Величина передаваемого крутящего момента была небольшой и поэтому такую конструкцию можно было применять только на автомобилях с маломощными двигателями. Кроме того, автомобиль с такой трансмиссией мог двигаться задним ходом с той же скоростью, что и вперед, а это было довольно опасно. Голландский инженер Ван Доорн усовершенствовал конструкцию клиноременного вариатора, заменив резиновый ремень стальным, состоящим из набора отдельных пластин специальной формы.

Принципиальным отличием этой конструкции является то, что такой ремень может передавать не только тяговые, но и толкающие усилия. Ван Доорн использовал свою разработку в конструкции трансмиссии Transmatic, которая могла передавать крутящие моменты величиной до 150 Н•м. Трансмиссии с вариаторами не имеют нейтральной передачи, и поэтому при остановке автомобиля необходимо отсоединять двигатель от трансмиссии с помощью какого-либо устройства. В трансмиссиях Variomatic и Transmatic для этой цели использовалось центробежное сцепление, которое автоматически выключалось и включалось. Троганье с места и остановка автомобилей с этими трансмиссиями сопровождались резкими рывками. Компания Subaru (Япония), использовавшая коробку передач с клиноременным вариатором на автомобиле Justy, применила электромагнитное порошковое сцепление с компьютерным управлением. Аналогичное решение использует и компания Nissan на автомобилях Micra с вариатором. Для ограничения скорости заднего хода применяют специальные ограничительные устройства.

Компания Honda разработала свою собственную конструкцию вариатора со стальным ремнем и шкивами. Для троганья с места и остановки используется многодисковое, мокрое сцепление, управляемое компьютером. Эта трансмиссия устанавливается на автомобиль среднего класса Civic, приводимый в движение 1,6-литровым двигателем, развивающим максимальный крутящий момент 140 Н м. Среди особенностей трасмиссии следует отметить компьютерный контроль (от электронной системы управления), давления для управления положением половин обоих шкивов вариатора. Эта система обеспечивает оптимальное давление без чрезмерного его увеличения. Слишком сильное «сжатие» снижает механическую эффективность, а также приводит к преждевременному износу ремня и увеличению шумности работы. Программирование вариатора на автомобиле Civic обеспечило хорошее соотношение с режимами экономичной работы двигателя, и это привело к повышению топливной экономичности автомобиля с вариатором при испытаниях в городском цикле движения, на 15 % по сравнению с топливной экономичностью автомобиля с обычной четырехступенчатой автоматической коробкой передач.



Рис. 3.43. **Стальной ремень Transmatic**

В 1995 г. немецкая компания ZF продемонстрировала автоматическую коробку передач с клиноременным вариатором Ecotronic, в которой использовался гидротрансформатор.

Такое решение усложняет и удорожает конструкцию, но обеспечивает плавное трогание с места и интенсивный разгон автомобиля. Наличие гидротрансформатора дает возможность уменьшить диапазон передаточных чисел вариатора, что снижает его размеры и габариты автоматической коробки передач. В настоящее время ZF производит три варианта таких коробок передач. Наиболее мощный вариант из этого семейства коробок CFT25 имеет стальной ремень шириной 30 мм, планетарную передачу для обеспечения заднего хода, которая включается с помощью многодискового, мокрого сцепления. Коробка передач может передавать крутящий момент до 250 Н•м, что дает возможность использовать такие коробки передач на автомобилях среднего класса VW Passat, Ford Mondeo и др. Управление коробками передач ZF осуществляется с помощью компьютера, программное обеспечение которого обеспечивает адаптивное управление различными режимами движения.

Автомобили с современными автоматическими коробками передач, использующими вариатор со стальным ремнем, обладают гораздо лучшими показателями топливной экономичности и плавностью работы по сравнению с обычными гидромеханическими автоматами. Надежность и долговечность современных коробок передач с такими вариаторами также довольно высока. Однако широкое применение таких коробок сдерживается в силу не технических, а, скорее, психологических проблем. Водители привыкли, что при разгоне автомобиля с обычной механической или автоматической коробками передач они ощущают увеличение частоты вращения двигателя. Автомобиль с вариатором может интенсивно разгоняться и при постоянной частоте вращения двигателя, потому что вариатор поддерживает эту частоту, которая необходима для лучшего разгона. Такая работа обеспечивает наиболее оптимальный разгон, но из-за непривычного звука у водителя создается впечатление, что приемистость автомобиля недостаточна.

Для решения этой проблемы некоторые производители были вынуждены адаптировать управляющие системы своих вариаторов для искусственного создания ряда фиксированных передаточных чисел, преодолев, таким образом, психологическую проблему. У водителей таких автомобилей появилась возможность выбора между ручным последовательным (секвентальным) переключением передач с фиксированными значениями или бесступенчатым автоматическим управлением. Впервые такая конструкция была использована компанией Nissan в 1997 г. в коробке передач Hyper CVT-M6 (рис. 3.44).

Компания Audi при создании коробки передач с вариатором Multitronic (рис. 3.45) использовала другой принцип. При разгоне обеспечивается увеличение оборотов двигателя с увеличением скорости автомобиля. Такой режим разгона не является самым эффективным, но дает возможность решить психологические проблемы. При экстремальном разгоне управляющая электроника переключает вариатор на оптимальный режим работы. Новый подход обеспечил возможность автомобилю Audi A6 с коробкой передач Multitronic показать лучшие результаты по топливной экономичности и интенсивности разгона по сравнению с таким же автомобилем, но имеющим механическую коробку передач. Кроме автоматического режима Multitronic поддерживает режим секвентального переключения передач с шестью фиксированными передаточными числами. В конструкции используется мокрое многодисковое сцепление для обеспечения возможности старта с места. Приводной ремень Audi представляет собой многозвенную цепь, которая передает крутящий момент за счет трения между торцами осей пластин, составляющих цепь, и поверхностями шкивов (рис. 3.46). Гидравлическая система управления вариатором обеспечивает оптимальное усилие сжатия шкивов, не допуская проскальзывания цепи и обеспечивая необходимую долговечность вариатора.

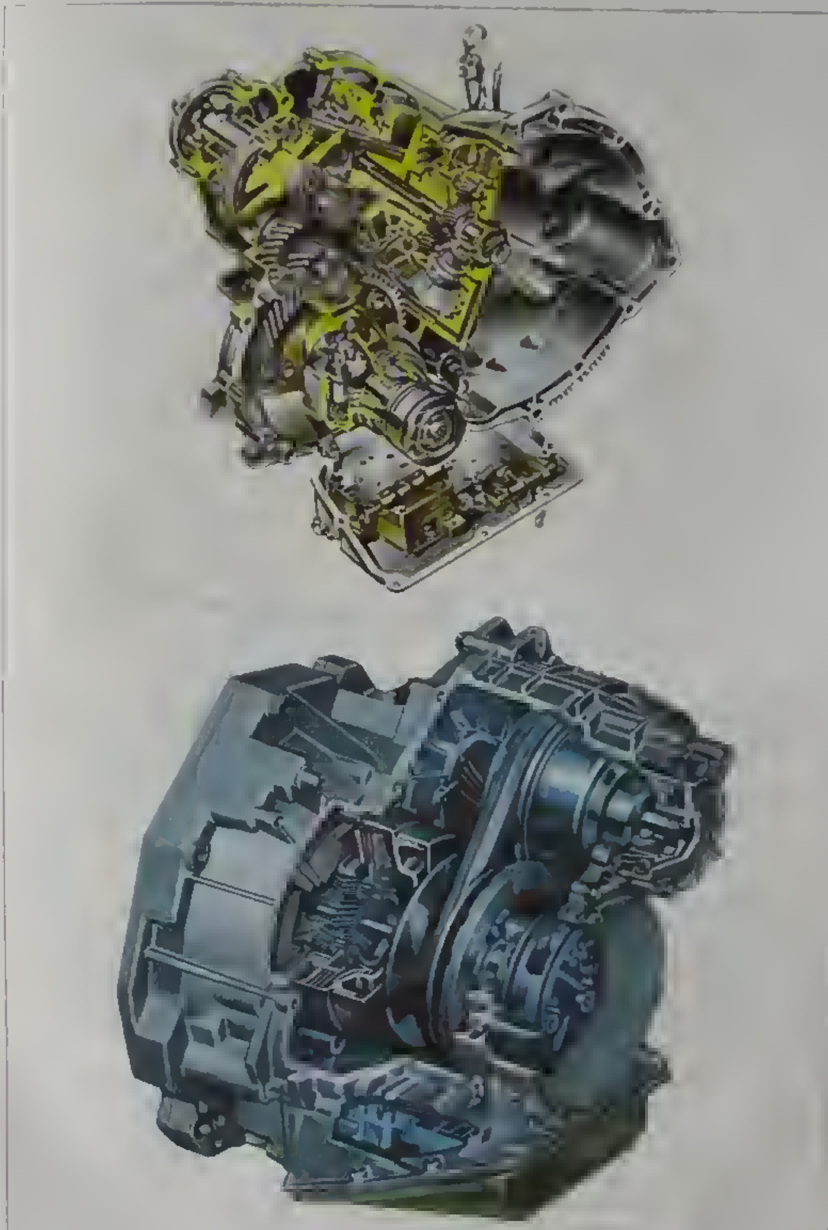


Рис. 3.44. **Коробка передач Hyper CVT-M6**

Рис. 3.45. **Схема коробки передач Multitronic:** 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — вариатор; 4 — цепь; 5 — гидронасос; 6 — управляющий блок; 7 — блок электроники



Рис. 3.46. **Схема работы вариатора Multitronic:** 1 — цепь

ТОРОИДНЫЕ ВАРИАТОРЫ

В тороидном вариаторе (рис. 3.47) между двумя колесами со сферической (тороидной) рабочей поверхностью зажимается ролик. Одно колесо является ведущим, а другое — ведомым. Передача крутящего момента обеспечивается силами трения между рабочими поверхностями колес и ролика. Изменение положения оси ролика в поперечной плоскости приводит к изменению передаточного числа вариатора, равного отношению радиусов окружностей проходящих через точки контакта колес с роликом.

В зависимости от угла поворота ролика ведомое колесо может вращаться с той же скоростью, что и ведущее (если ролик горизонтален), с большей, или меньшей (если ролик поворачивается). При использовании тороидного вариатора в трансмиссии автомобиля так же, как и в случае клиноременного, необходимо обеспечить возможность получения заднего хода и отключения вариатора от двигателя с помощью сцепления.

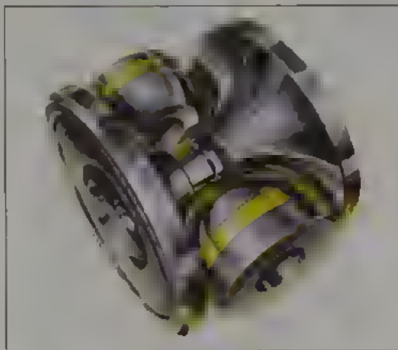


Рис. 3.47. **Схема тороидного вариатора**

Первый патент на конструкцию трансмиссии с тороидным вариатором был получен Чарльзом Хантом еще в 1877 г. Такие трансмиссии производства Perbury-Hayes предлагались для автомобилей в 1930-е гг., однако они отличались недостаточной величиной передаваемого крутящего момента и низкой долговечностью из-за отсутствия соответствующих материалов и технологий. Основная проблема заключается в том, что передача крутящего момента целиком зависит от трения в контакте ролика с колесами, и чем выше передаваемый момент, тем больше должна быть сила трения, причем при очень малой площади контакта. Для увеличения трения давление между деталями вариатора должно быть выше, что может привести к повреждению вариатора.

В 1999 г. компания Nissan начала устанавливать на некоторых из своих автомобилей, предназначенных для японского рынка, коробки передач Extroid. В этой коробке передач используется сдвоенный тороидный вариатор, разделяющий поток мощности с целью уменьшения размеров узла. Коробка передач была сконструирована для продольной установки на мощные заднеприводные автомобили и может передавать крутящий момент до 300 Н•м, что на сегодняшний день является рекордом для коробок передач с вариаторами.

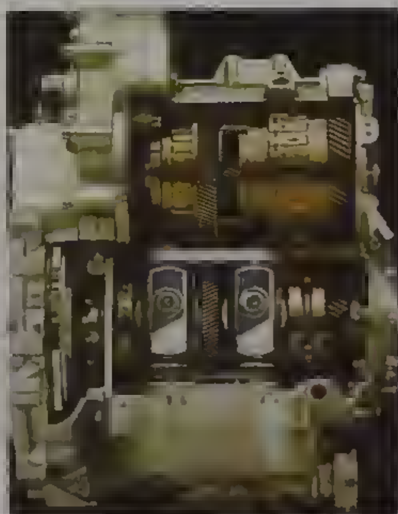


Рис. 3.48. **Коробка передач Mazda с тороидным вариатором**

Возможность передачи таких усилий обеспечена применением высококачественных сталей и специальных трансмиссионных масел. Усилия сжатия колес и роликов вариатора составляют величину до 10 т. При таких усилиях сжатия повернуть ролик для изменения передаточного числа вариатора не просто.

Nissan использует оригинальную систему поворота роликов, в которой ролики поворачиваются автоматически при их небольшом смещении относительно оси вращения. Совместно с вариатором в коробке передач Extroid работает гидротрансформатор. Для включения заднего хода используется планетарная передача, управляемая с помощью многодискового мокрого фрикционного сцепления.

На Токийском автосалоне 1999 г. компания Mazda продемонстрировала трансмиссию, которая включает в себя два тороидных вариатора, двухступенчатую планетарную передачу и два автоматических сцепления (рис. 3.48). При троганьи автомобиля с места планетарная передача понижает передаточное число, в целях получения высокого крутящего момента. На большой скорости привод на колеса осуществляется непосредственно от тороидного вариатора. Коробка передач включает в себя и главную передачу с дифференциалом и предназначена для поперечной установки на переднеприводные автомобили.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

В последнее время возродился интерес к автоматическому управлению механическими коробками передач с использованием электронного контроля и современных исполнительных устройств. То, чего изобретатели не могли осуществить в прошлом, используя хитроумные механические устройства, стало возможным после появления надежных компьютеров и новых технологий.

Впервые такой агрегат — SMG (Sequential M Gearbox) — был предложен компанией BMW (рис. 3.49). Эта коробка передач предлагается как дополнительное оборудование для автомобиля BMW M3, имеет шесть передач для движения вперед и может работать в двух независимых, управляемых сервомеханизмами режимах.

В первом, так называемом экономичном режиме, коробка передач работает полностью автоматически, как и любая другая автоматическая коробка. Этот режим включается автоматически каждый раз когда включается зажигание. Второй, спортивный режим, который выбирает сам водитель, дает возможность переключать передачи вверх-вниз, как это делает система Tiptronic. Для переключения передач используются гидравлические исполнительные механизмы. Инженерам BMW удалось добиться рекордного времени переключения передач — при разгоне автомобиля время переключения не превышает 0,08 с. Электронный блок управления коробки передач контролирует не только исполнительные устройства, но и управляет работой двигателя, обеспечивая перерегулирование при переключении на низшие передачи. При снижении скорости до 15 км/ч автоматически включается вторая передача, а при полной остановке первая.

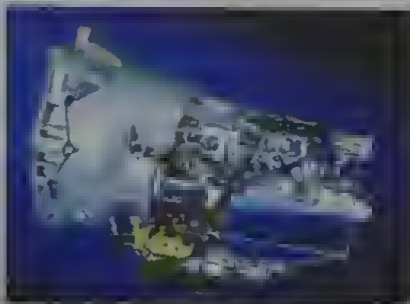


Рис. 3.49. **Секвентальная, автоматизированная коробка передач SMG (Sequential M Gearbox)**

В коробке передач Easytronic (рис. 3.50), разработанной совместно компаниями Valeo и Luk и предназначенной для установки на небольшие автомобили для европейского рынка, в качестве исполнительных устройств используются три шаговых электродвигателя. Коробка передач получилась легкой и компактной, но переключение передач осуществляется медленнее, чем в коробках передач с гидравлическим управлением.

Управление трансмиссией грузовых автомобилей, в особенности коробками передач магистральных тягачей с большим

числом передач, всегда требовало большого умения от водителя. Неслучайно, что автоматизация коснулась и таких коробок (рис. 3.51). Большинство производителей грузовых автомобилей предлагают в качестве вариантов автоматические и полуавтоматические коробки передач.

Рис. 3.50. **Автоматизированная коробка передач Easytronic сконструирована специально под управление электроникой:** 1 — шаговые двигатели; 2 — автоматическое сцепление; 3 — механизм переключения передач; 4 — блок управления сцеплением



Рис. 3.51. **Автоматизированная коробка передач Eurotronic**

АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ДВОЙНЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ

В 2003 г. компания Volkswagen предложила автомобили Audi TT 3.2 Quattro и VW Golf 5 с новыми автоматизированными коробками передач, в которых переключение передач при разгоне происходит без разрыва потока мощности (рис. 3.52).

В этой коробке передач крутящий момент от двухмассового маховика двигателя передается на два многодисковых сцепления, связанных с соответствующими соосными ведущими валами, один из которых проходит внутри другого (рис. 3.53).

Параллельно ведущим валам расположены два ведомых вала. С одним из ведущих валов жестко связаны ведущие шестерни нечетных передач (1, 3, 5), а с другим — ведущие шестерни четных передач (2, 4, 6 и передача З.Х.). На ведомых валах находятся шестерни постоянного зацепления соответствующих передач, которые могут жестко соединяться с ведомыми валами с помощью синхронизаторов. Управление сцеплениями и перемещением синхронизаторов осуществляется посредством гидравлических исполнительных устройств. Необходимое давление в гидравлической системе создается электрическим гидронасосом. Управляет работой коробки передач электронный блок управления, который получает информацию от десяти датчиков, расположенных в коробке и связан высокоскоростной шиной с электронным блоком управления двигателем.

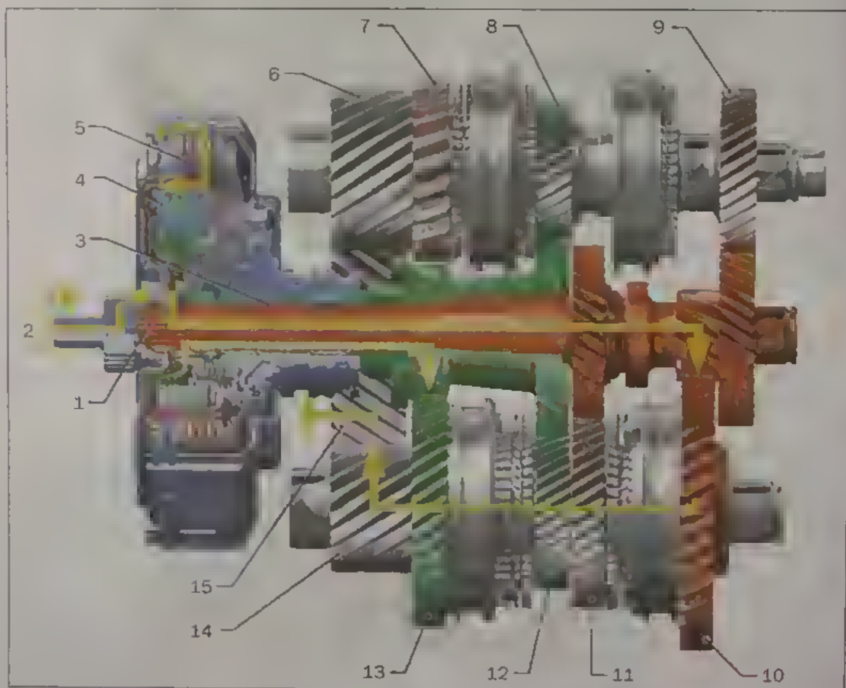


Рис. 3.52. **Коробка передач с двумя сцеплениями автомобиля Audi TT 3.2 Quattro:** 1 — ведущий вал I; 2 — двигатель; 3 — ведущий вал II; 4 — сцепление II; 5 — сцепление I; 6 — выход на главную передачу; 7 — задний ход; 8 — VI передача; 9 — V передача; 10 — I передача (активна); 11 — III передача; 12 — IV передача; 13 — II передача (выбрана); 14 — выход на главную передачу; 15 — главная передача

При трогании автомобиля с места электронный блок дает команду включая первую передачу, а затем первое сцепление, после чего крутящий момент передается на один из ведомых валов коробки передач, который через ведущую шестерню приводит во вращение ведущую шестерню главной передачи. Главная передача через дифференциал приводит во вращение ведущие колеса автомобиля и одновременно раскручивает второй ведомый вал, на котором расположены синхронизаторы, включающие четные передачи. За время разгона на первой передаче при достижении соответствующей скорости и за счет простого переключения сцеплений на параллельном ведомом валу включается вторая передача. Переход на последующие передачи происходит аналогично, без разрыва потока мощности, неизбежного в простых механических коробках передач.

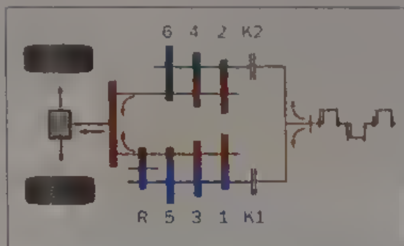


Рис. 3.53. **Принципиальная схема коробки передач с двумя сцеплениями:** 1, 2 — многодисковые сцепления; 3, 4, 5, 6 — синхронизаторы

Процесс переключения усложняется тогда, когда появляется необходимость переключения на более низкую передачу при движении с постоянной скоростью. Алгоритм переключения, заложенный в памяти электронного блока управления, был разработан компанией Audi. Автомобили с такими коробками передач показывают очень хорошие результаты по динамике разгона и топливной экономичности в сравнении с автомобилями оснащенными обычными механическими коробками.

Коробки передач, выполненные по такой конструктивной схеме, применяет фирма Ferrari на своих автомобилях Формулы–1. Схема с двумя сцеплениями и параллельными валами впервые была опробована на гоночном автомобиле Audi Quattro еще в 1978 г.

§ 22

ТРАНСМИССИИ ПОЛНОПРИВОДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Автомобили, у которых все колеса ведущие, называют полноприводными. Если крутящий момент передается на все колеса, улучшается способность автомобиля двигаться в плохих дорожных условиях. Эта причина послужила толчком к созданию огромного семейства вседорожных автомобилей. В нашей стране такие автомобили называют автомобилями повышенной проходимости, и в основном, за исключением автомобиля ВАЗ-2121 «Нива» это грузовые и специальные автомобили. В некоторых странах легковые автомобили повышенной проходимости принято называть SUV (Sport Utility Vehicle — автомобили для спорта) или RV (Recreational Vehicle — автомобили для отдыха). Некоторые автомобили с приводом на четыре колеса обозначают AWD (All Wheel Drive — все колеса ведущие) или 4WD (4 Wheel Drive — привод на четыре колеса), а иногда просто 4х4. Классификация автомобилей с четырьмя ведущими колесами показана на рис 3.54.

Первым легковым полноприводным автомобилем был автомобиль Willis, который прекрасно зарекомендовал себя во время Второй мировой войны. Затем появились полноприводные автомобили Land Rover и полноприводные автомобили японских фирм. Неплохим для своего времени был отечественный полноприводный автомобиль ГАЗ 69. Все эти автомобили предназначались для движения в основном по бездорожью.

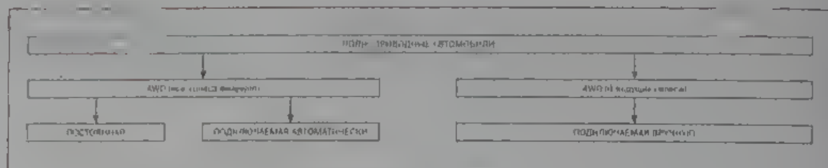


Рис. 3.54. **Классификация полноприводных трансмиссий**

Концепция полноприводного автомобиля возникла с появлением в 1980 г. автомобиля Audi Quattro, который показал отличные результаты при участии в мировых чемпионатах по ралли.

Сейчас имеется большой выбор полноприводных автомобилей, предназначенных для движения по дорогам с усовершенствованным покрытием. Большинство мировых производителей легковых автомобилей в своей номенклатуре серийных автомобилей имеют вариант с приводом на все колеса.

Трансмиссия полноприводного автомобиля конструктивно сложнее, дороже и тяжелее, чем у автомобиля с двумя ведущими колесами. Кроме того, механические потери в такой трансмиссии выше. Дополнительная масса и потери мощности снижают общие показатели и ухудшают топливную экономичность автомобиля. В то же время сопротивление качению ведущих колес меньше, чем ведомых, что в некоторой степени (но не полностью) компенсирует потери. Несмотря на недостатки полного привода, его преимущества часто являются более важными. Очевидно, что помимо улучшения внедорожных свойств, полный привод мощного автомобиля дает преимущества при движении по скользкой дороге и обеспечивает более интенсивный разгон. Влияние полного привода на управляемость и устойчивость более сложное, но несомненно, что полный привод дает преимущество в устойчивости на скользких дорогах, а главное — он обеспечивает более легкое управление автомобилем в критических ситуациях. На сухих дорожных покрытиях с высоким сцеплением преимущества такого привода не столь очевидны.

Для автомобилей повышенной проходимости важно не только обеспечить хорошее сцепление колес с опорной поверхностью, но и обеспечить большой дорожный просвет, чтобы автомобиль не застрял на неровностях дороги. Кроме того, внедорожные автомобили, как правило, оборудуются трансмиссиями с понижающей передачей, которая дает возможность увеличить крутящий момент, подводимый к ведущим колесам, и обеспечить уверенное движение на малых скоростях.

Легковые автомобили с приводом на четыре колеса могут иметь или постоянный привод всех колес, или подключаемый ко всем колесам при необходимости. Существуют конструкции полноприводных трансмиссий, в которых обеспечивается постоянный привод на передние (автомобили Toyota RAV4, Honda CRV и др.) или задние колеса (автомобили Ford Explorer, Nissan Terrano и др.), а привод на другие два колеса включается при необходимости. Причем это включение может происходить автоматически, в зависимости от условий движения, или вручную по желанию водителя.

КОМПОНОВКИ ПОЛНОПРИВОДНЫХ ТРАНСМИССИЙ

В любом автомобиле, имеющем привод на четыре колеса, независимо от расположения двигателя, необходимо разделить крутящий момент, получаемый на ведомом валу коробки передач, на два направления и передать один к переднему мосту, а другой к заднему. Кроме того, требуются две главные передачи: одна для привода передних колес, а другая задних соответственно.

При движении автомобиля по криволинейной траектории каждое из четырех колес автомобиля проходит различный путь (рис. 3.55). Следовательно, каждое колесо совершает при повороте разное число оборотов.

То же самое происходит при прямолинейном движении автомобиля, если диаметры колес отличаются (различный износ шин, разное давление в шинах). Как было показано выше, для уменьшения неизбежных потерь при движении автомобиля не-

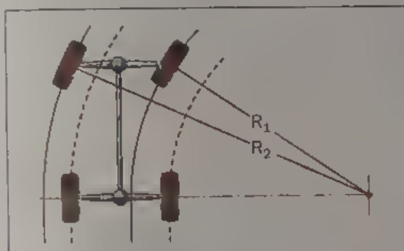
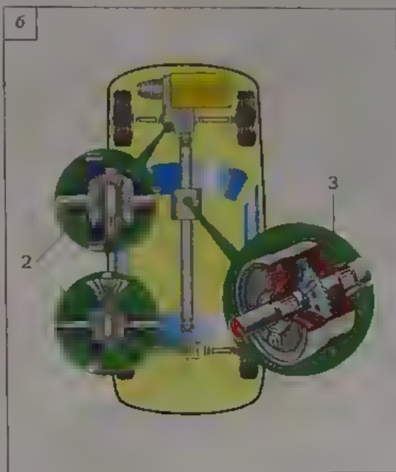


Рис. 3.55. **Схема поворота полноприводного автомобиля**: R_1, R_2 — радиусы поворотов внутреннего и наружного управляемых колес



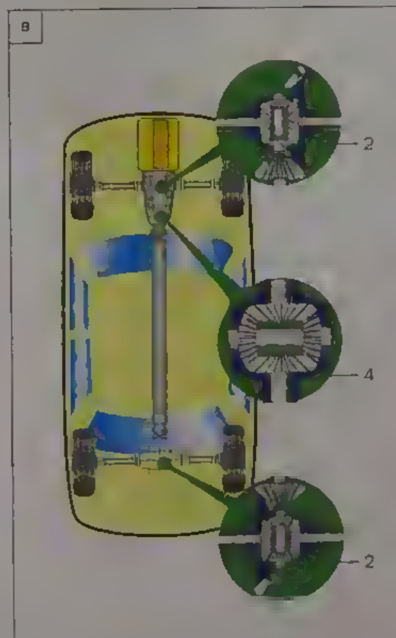


Рис. 3.56. **Схемы полноприводных трансмиссий: а — с раздаточной коробкой (полный привод, подключаемый водителем); б — полный привод, подключаемый автоматически вискомуфтой; в — с постоянным полным приводом;** 1 — раздаточная коробка; 2 — межколесный дифференциал; 3 — вискомуфта; 4 — межосевой дифференциал

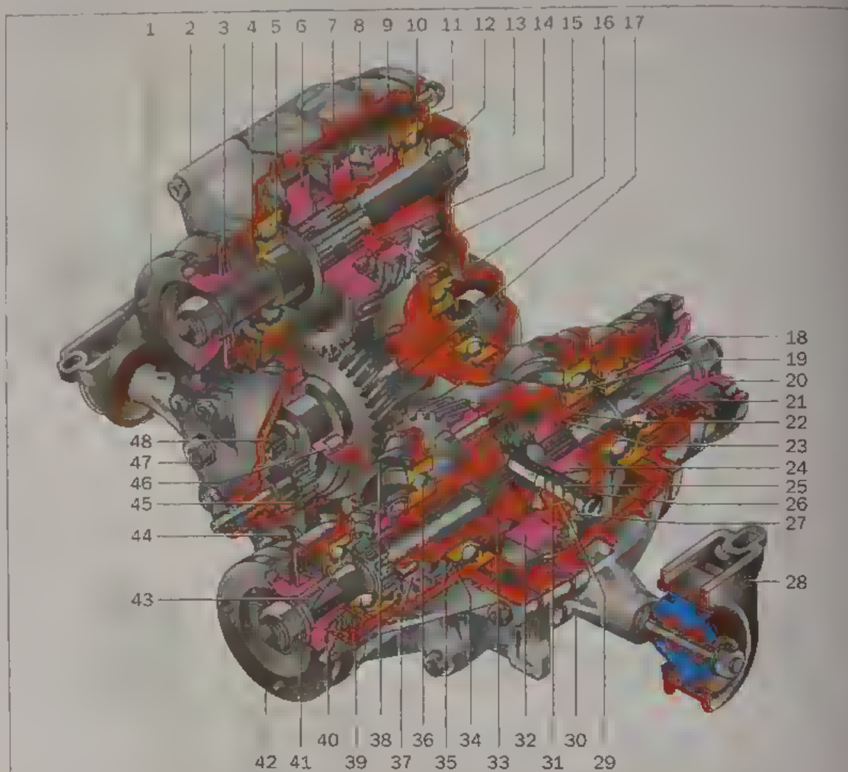


Рис. 3.57. **Раздаточная коробка автомобиля ВАЗ-21213 «Нива»:** 1 — фланец ведущего вала; 2 — передняя крышка; 3 — сальник ведущего вала; 4 — упорное кольцо подшипника; 5 — передний подшипник ведущего вала; 6 — шестерня высшей передачи; 7 — муфта переключения передач; 8 — картер раздаточной коробки; 9 — шестерня низшей передачи; 10 — задний подшипник ведущего вала; 11 — установочное кольцо заднего подшипника ведущего вала; 12 — ведущий вал; 13 — втулка; 14 — ступица; 15 — задняя крышка; 16 — задний подшипник промежуточного вала; 17 — промежуточный вал; 18 — подшипник вала привода заднего моста; 19 — задний подшипник дифференциала; 20 — фланец; 21 — сальник вала привода заднего моста; 22 — задний корпус дифференциала; 23 — опорная шайба шестерни; 24 — шестерня привода заднего моста; 25 — ось сателлитов; 26 — стопорное кольцо; 27 — пружинная шайба; 28 — кронштейн подвески; 29 — упорная шайба сателлита; 30 — картер привода переднего моста; 31 — сателлит; 32 — ведомая шестерня дифференциала; 33 — передний корпус дифференциала; 34 — стопорное кольцо; 35 — пружинная шайба; 36 — передний подшипник корпуса дифференциала; 37 — муфта блокировки дифференциала; 38 — установочное кольцо переднего подшипника дифференциала; 39 — маслоотражатель; 40 — сальник вала привода переднего моста; 41 — подшипник вала привода переднего моста, 42 — фланец вала привода переднего моста; 43 — вал привода переднего моста; 44 — пробка слива масла; 45 — ведомая шестерня привода спидометра; 46 — роликовый подшипник промежуточного вала; 47 — заливная пробка; 48 — ведущая шестерня привода спидометра

обходимо применять дифференциал. Автомобиль с четырьмя ведущими колесами должен иметь три дифференциала, по одному между колесами передней и задней осей (межколесные дифференциалы) и один между осями автомобиля (межосевой дифференциал). Межколесные дифференциалы симметричные, т. е. они делят крутящий момент между колесами поровну, а межосевые дифференциалы могут быть как симметричными, так и несимметричными. В некоторых конструкциях трансмиссий с приводом на четыре колеса встречаются устройства, которые изменяют распределение крутящего момента между осями автомобиля в зависимости от условий движения. Иногда в полноприводных трансмиссиях с подключаемым вручную приводом с целью удешевления конструкции отказываются от межосевого дифференциала, но в этом случае полный привод используется только на скользких дорогах и бездорожье и не допускается при движении автомобиля по дороге с хорошим покрытием.



Рис. 3.58. **У полноприводного автомобиля Mercedes-Benz 4-matic S-класса трансмиссия и двигатель практически составляют одио целое**

На рис. 3.56 показаны наиболее типичные схемы полноприводных трансмиссий.

Компоновочная схема с раздаточной коробкой наиболее часто применяется для вседорожных автомобилей (рис. 3.57). При такой компоновке крутящий момент от коробки передач поступает на входной вал раздаточной коробки, а затем передается на выходные валы. Выходной вал привода задних колес располагается на одной оси с входным валом раздаточной коробки и соединяется карданной передачей с главной передачей задней оси. Другой выходной вал соединен карданной передачей с главной передачей передней оси. Выходные валы раздаточной коробки связаны между собой цилиндрическими шестернями или чаще цепной передачей с зубчатой цепью Морзе. Внутри раздаточной коробки размещается межосевой дифференциал и может располагаться понижающая передача.

В трансмиссии полноприводного автомобиля без раздаточной коробки используются коробки передач специальной конструкции (рис. 3.58).

Полноприводные версии легковых автомобилей, которые не предназначены для движения по бездорожью, имеют в своей основе стандартную версию легкового автомобиля. Некоторые легковые автомобили выпускаются только в полноприводном варианте и не имеют аналогов с приводом на одну ось. Примером могут послужить многие автомобили Subaru или автомобиль Jaguar типа X. Наиболее просто переоборудовать в полноприводный вариант переднеприводный автомобиль с продольным расположением двигателя и коробки передач (большинство автомобилей Audi). В таком варианте крутящий момент к задней оси поступает от коробки передач через карданную передачу. Задняя ось дополняется главной передачей, а межосевой дифференциал устанавливается в картере коробки передач (рис. 3.59).

Если базовый автомобиль имеет привод только на задние колеса, а двигатель расположен спереди, при его переоборудовании в полноприводный вариант не обойтись без раздаточной коробки с межосевым дифференциалом, которая может быть объединена с коробкой передач. В таких автомобилях обычно используют несимметричное распределение крутящего момента, большая часть которого передается на заднюю ось. Главная передача при независимой подвеске передних колес крепится к кузову.

Переднеприводные автомобили с поперечным расположением двигателя гораздо труднее переделать в полноприводный вариант. Обычно картер главной передачи располагают за двигателем и используют карданную передачу, соединяющую переднюю главную передачу с дополнительной главной передачей задней оси.

Полноприводные версии автомобилей с задним расположением двигателя (Porshe Carrera) в полноприводном варианте имеют трансмиссию, сходную с первым вариантом, но в зеркальном отображении.

Обеспечение привода на все колеса для автомобиля с центральным расположением двигателя представляет собой довольно трудную задачу, и поэтому такие компоновочные схемы встречаются редко.

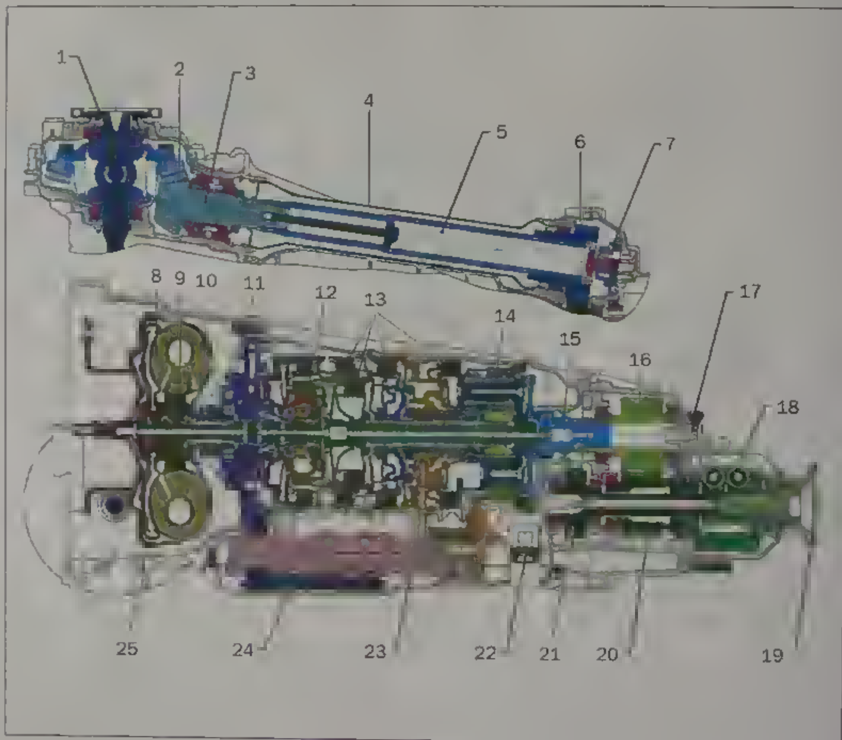


Рис. 3.59. **Автоматическая трансмиссия автомобиля Audi Quattro:** 1 — дифференциал переднего моста; 2 — ведомая шестерня главной передачи; 3 — ведущая шестерня главной передачи; 4 — кожух вала; 5 — вал привода переднего моста; 6 — ведомая шестерня привода переднего моста; 7 — масляный насос раздаточной коробки; 8 — турбинное колесо; 9 — реактор; 10 — насосное колесо; 11 — масляный насос; 12, 14 — планетарные передачи; 13 — фрикционные муфты (фрикционы); 15 — вторичный вал; 16 — ведущая шестерня раздаточной коробки; 17 — сапун; 18 — межосевой дифференциал повышенного трения (типа Torsen); 19 — вал привода заднего моста; 20 — ведомая шестерня раздаточной коробки; 21 — ведущая шестерня привода переднего моста; 22 — пробка масляного фильтра; 23 — блок управления; 24 — маслозаборник; 25 — картер гидротрансформатора

Межосевой дифференциал, как было отмечено выше, может быть сконструирован так, чтобы распределять крутящий момент несимметрично. Если распределение момента по осям неравное, то большая часть момента обычно передается к задним колесам. Это объясняется тем, что при разгоне автомобиля или движении на подъем большая часть массы автомобиля перераспределяется на задние колеса и они могут реализовать больший крутящий момент, чем передние, и, кроме того, уменьшение доли крутящего момента, поступающего к передним колесам, улучшает управляемость автомобиля и меньше подвергает ее влиянию изменения крутящего момента.

Для любого автомобиля с четырьмя ведущими колесами важно обеспечить движение автомобиля в случае, если одно из колес теряет сцепление с дорогой.

Выше было показано, что если одно из колес на оси буксует, то дифференциал передает на другое крутящий момент, недостаточный для движения. Если автомобиль имеет привод на четыре колеса и три дифференциала, то достаточно попасть одним колесом на скользкую поверхность, чтобы лишить автомобиль способности тронуться с места. Существуют различные способы борьбы с этим нежелательным свойством.

Один из таких способов — это блокировка дифференциала. При заблокированном дифференциале крутящий момент, подводимый к колесам с лучшим сцеплением, увеличивается. Необходимо учитывать, что, если вся величина крутящего момента передается в одном направлении, карданный вал и полуоси должны быть сделаны более прочными, чтобы исключить возможность их поломки. Внедорожные автомобили, работающие в сложных условиях, могут иметь устройства, блокирующие как межосевой, так и задний межколесный дифференциалы. Блокировка дифференциала передней оси обычно не предусматривается из-за негативного воздействия на управляемость автомобиля.

Другим распространенным способом улучшения характеристик трансмиссий современных полноприводных автомобилей является применение различных устройств повышенного трения, применяющихся в качестве межосевых и задних дифференциалов. Самый простой способ заключается в создании дополнительного трения при проскальзывании деталей в дифференциале. Здесь, однако, требуется ограничить величину проскальзывания таким образом, чтобы оно не оказывало чрезмерного влияния на возможность движения колес автомобиля с небольшой разницей в угловых скоростях при обычном повороте. Таким образом, дифференциалы повышенного трения должны быть такими, чтобы передавать только часть крутящего момента на колесо с хорошим сцеплением.

Следует помнить что любой дифференциал повышенного трения, независимо от места его расположения (в раздаточной коробке или ведущих мостах) отнимает часть механической энергии переводя ее в тепло, а значит увеличивает расход топлива. Повышается также изнашивание шин и трансмиссии в целом. Поэтому простые устройства с фрикционными шайбами или кулачковые дифференциалы устанавливались главным образом на грузовиках повышенной проходимости, то есть там, где обеспечение преодоления бездорожья считается более важной задачей чем обеспечение экономичности. В раздаточных коробках таких автомобилей часто дифференциал вообще отсутствовал (ГАЗ-66, УАЗ) и оба моста имели жесткую связь между собой. При движении по сухому асфальту во избежание чрезмерного изнашивания шин передний мост отключался, так что полноприводными эти автомобили могли быть только вне дорог или в зимнее время года.

Гораздо лучше, если дифференциал сможет «почувствовать» момент начала проскальзывания колеса и сумеет перераспределить крутящий момент на отстающее колесо. Другими словами, желательно использовать самоблокирующийся дифференциал. В ранее выпускавшихся моделях использовались вязкостные муфты (вискомуфты) и дифференциалы типа Torsen. Иногда применялось их сочетание: вязкостные муфты в качестве межосевых дифференциалов, а Torsen в качестве заднего дифференциала. В настоящее время все

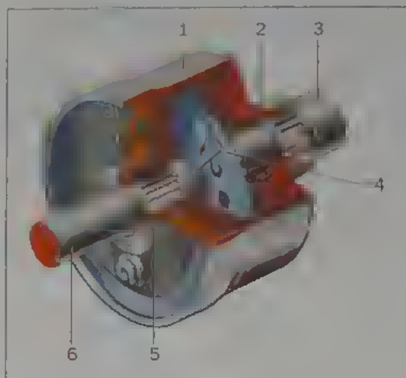


Рис. 3.61. **Устройство вязкостной муфты (вискомуфты):** 1 — корпус; 2 — вал корпуса; 3, 6 — ведущий и ведомый валы; 4 — диски; 5 — уплотнения

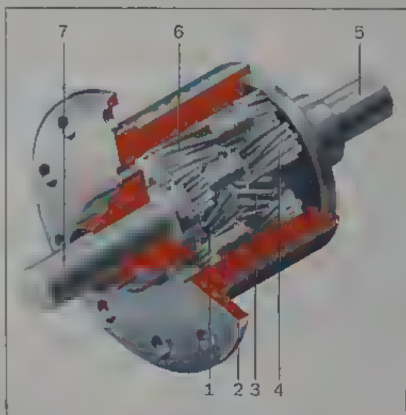


Рис. 3.62. **Межосевой дифференциал Torsen:** 1, 3 — правая и левая полуосевые шестерни; 2 — корпус дифференциала; 4 — сателлит, связанный с правой полуосевой шестерней; 5, 7 — выходные валы дифференциала; 6 — сателлит, связанный с левой полуосевой шестерней

большее распространение получают фрикционные муфты с контролируемой степенью блокировки, когда фрикционные диски сжимаются с определенным усилием. Такие муфты могут применяться для управления распределением крутящего момента между передними и задними колесами под электронным контролем. Конструкторы современных полноприводных легковых автомобилей предлагают использовать такие чувствительные устройства, управляющие сцеплением колес с дорогой и поведением автомобиля вместо простой блокировки дифференциалов.

Вязкостная муфта (патент Фергюссона) является наиболее простым и дешевым устройством повышенного трения, и поэтому ее часто применяют в трансмиссиях автомобилей.

Вязкостная муфта состоит из набора близко расположенных друг к другу перфорированных дисков, одна половина которых соединяется с помощью выступов с внутренней ступицей муфты, а вторая наружными выступами с корпусом (рис. 3.61).

Между дисками находится силиконовая (кремнийорганическая) жидкость высокой вязкости. Валы муфты могут свободно вращаться с небольшой разницей в угловых скоростях, но, если разница в скоростях увеличивается, жидкость внутри муфты начинает действовать как твердое тело и предотвращает чрезмерное проскальзывание дисков. Возникающий блокирующий момент обусловлен свойствами вязкой жидкости. Если в качестве дифференциала использовать такую муфту, она будет перераспределять крутящий момент так, что бóльшая его часть будет поступать на колеса, вращающиеся с меньшей скоростью.

К недостаткам вязкостной муфты следует отнести экспоненциальный закон ее блокировки. Муфта срабатывает с запаздыванием. Неизбежный нагрев жидкости в муфте, который происходит при проскальзывании дисков, приводит к изменению ее характеристик. Существенным недостатком таких устройств является их влияние на процесс торможения, поскольку при резком торможении может произойти одновременное блокирование всех колес автомобиля. При использовании вязкостных муфт в трансмиссиях автомобилей с антиблокировочными тормозными системами приходится применять дополнительные устройства для разблокирования муфт при торможении.

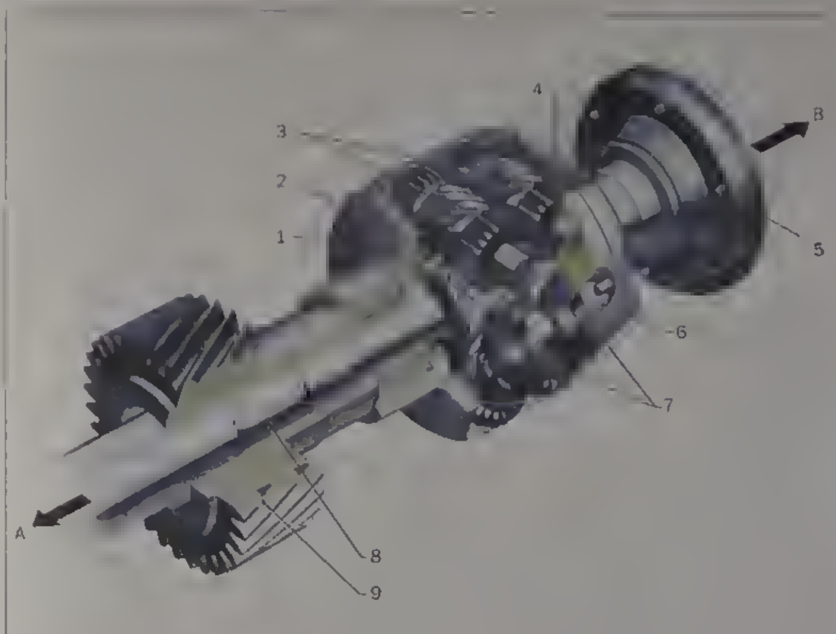


Рис. 3.63. **Межосевой дифференциал Torsen автомобиля Audi Quattro**: 1 — корпус дифференциала; 2.4 — передняя и задняя шестерни; 3 — червячные сателлиты; 5 — фланец карданной передачи; 6 — ось сателлитов; 7 — прямозубые шестерни; 8 — ведомый вал; 9 — полый ведущий вал; А — к передней оси; В — к задней оси

Дифференциал Torsen (TORque SENsing — чувствующий крутящий момент) представляет собой механический самоблокирующийся дифференциал, в котором используется сложный набор червячных шестерен (рис. 3.62).

Набор шестерен внутри дифференциала состоит из ведомых (полуосевых) червячных колес и ведущих (сателлитов) червячных шестерен. Основной особенностью такой конструкции является то, что червячные шестерни могут приводить во вращение другие шестерни, но сами не могут приводиться во вращение. Такая особенность приводит к появлению некоторой степени блокирования дифференциала. В зависимости от величины передаточного числа и конструкции дифференциала, крутящий момент может распределяться по осям автомобиля в соотношении от 2,5:1 (60 % : 40 %) до 6:1 (84 % : 16 %) или даже до 7:1 (86 % : 14 %), а также распределяться в любых промежуточных значениях. При низких значениях входного крутящего момента шестерни дифференциала вращаются свободно и его действие напоминает работу обычного симметричного дифференциала. Когда входной крутящий момент увеличивается, набор червячных шестерен нагружается и в определенный момент два выходных вала блокируются.

Дифференциал Torsen имеет линейную характеристику, перераспределение крутящего момента происходит практически мгновенно и он не оказывает влияния на процесс торможения. Эти свойства механизма обусловили его широкое использование в качестве межколесных и межосевых дифференциалов автомобилей (рис. 3.63). Основным недостатком является сложность его изготовления и сборки и как следствие высокая стоимость.

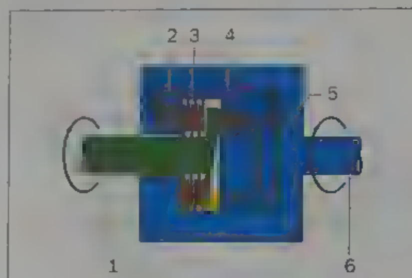


Рис. 3.64. **Принцип действия активной гидравлической муфты:** 1 — выходной вал; 2 — рабочий поршень; 3 — диски; 4 — поршневой насос; 5 — управляющий клапан; 6 — входной вал

Вязкостные муфты и дифференциалы Torsen являются пассивными системами. В последние годы в конструкции трансмиссий современных автомобилей все чаще начинают применять активные устройства, представляющие собой муфты, в которых для блокирования валов используются многодисковые мокрые сцепления (рис. 3.64). Для управления многодисковым сцеплением используется давление масла, которое воздействует на поршень, сжимающий диски. Давление масла регулируется с помощью контрольного клапана. Крутящий момент с помощью таких муфт может распределяться как между передней и задней осями автомобиля, так и между колесами одной оси.

Шведская фирма Haldex по своему патенту выпускает муфту с многодисковым мокрым сцеплением, электрическим гидронасосом и гидроаккумулятором (рис. 3.65).

Электрический насос работает только при движении автомобиля и создает небольшое давление масла, для того чтобы не происходило задержки в срабатывании муфты. Давление на поршень, сжимающий диски сцепления, поступает от гидравлического поршневого насоса, который создает давление, как только возникает различие в угловых скоростях соединенных муфтой валов. Давление, создаваемое насосом, пропорционально разнице в частоте вращения валов. Управляет работой муфты Haldex встроенный в нее электронный блок управления, который связан с другими электронными системами управления автомобилем. Муфта может работать при любых скоростях движения автомобиля как при движении вперед, так и при заднем ходе. Она не влияет на работу антиблокировочной системы (АБС)

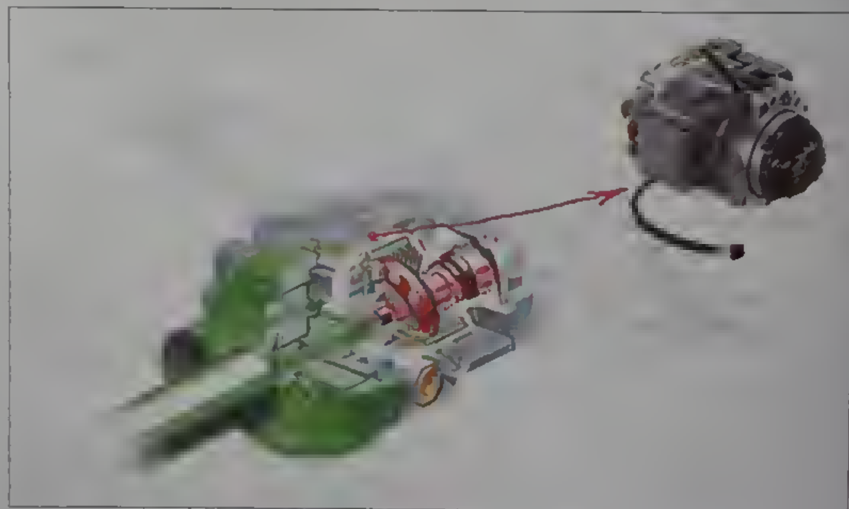


Рис. 3.65 **Муфта Haldex, входящая в трансмиссию автомобиля**

вследствие очень быстрой активации и деактивации и обеспечивает полностью контролируемое распределение крутящего момента по осям. В настоящее время муфты Haldex устанавливаются в трансмиссиях полноприводных версий автомобилей Volkswagen и Volvo.

Аналогичные конструкции муфт применяются и некоторыми другими производителями полноприводных автомобилей. Компания Isuzu запатентовала систему TOD (TORQUE-ON-DEMAND), которая получает информацию от 12 датчиков и автоматически перераспределяет крутящий момент между осями автомобиля в зависимости от условий движения.

§ 23

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСМИССИЙ

Широкое применение улучшенных систем повышенного трения появившихся в конце 1990-х гг. привело конструкторов автомобилей к разработке концепции «активной трансмиссии». Такая трансмиссия дает возможность изменять устойчивость и управляемость автомобиля путем управления распределением крутящего момента по правым и левым колесам автомобиля, а также, в случае полноприводного варианта, между передними и задними мостами. Распределение крутящего момента регулируется в зависимости от степени проскальзывания муфты, управление осуществляется гидравликой, которая сжимает диски муфты с разной силой, уменьшая или увеличивая величину передаваемого момента на ту или другую сторону. Контролирует работу муфт процессор (ЭБУ), который получает информацию от различных датчиков. Очень многое зависит от программного обеспечения ЭБУ, который должен распределять крутящий момент в зависимости от нагрузки на соответствующие колеса автомобиля. При повороте автомобиля большая часть крутящего момента должна перераспределяться на внешние (относительно центра поворота), более нагруженные, колеса. В полноприводном автомобиле может быть обеспечено распределение крутящего момента к каждому колесу в соответствии с максимально возможным по условиям сцепления с дорогой. Такой подход не сможет исключить возможность потери устойчивости автомобиля, обусловленной возможными ошибками водителя при управлении. Для более совершенной системы компьютер должен получать сигналы, соответствующие углу и скорости поворота рулевого колеса, курсовой скорости и поперечным ускорениям. При наличии точной информации от датчиков и правильного понимания желаний водителя имеется несколько способов, с помощью которых может корректироваться траектория автомобиля в случае сноса (когда автомобиль движется в повороте по более широкой траектории, чем было задумано) или заноса (когда задняя часть автомобиля «обгоняет» переднюю, а автомобиль стремится уйти внутрь желаемой траектории поворота). Корректировка может производиться с помощью дифференциала или тормозов, а со временем, может быть, и непосредственно с помощью рулевого управления — это будет рассмотрено ниже. Но тот же эффект можно получить также с помощью «активной» работы системы распределения крутящего момента. Предположим, что программное обеспечение интерпретирует прямолинейное движение как поворот автомобиля по дуге с бесконечным радиусом, обеспечивая системе возможность применять автоматическую коррекцию, если, например, автомобиль самопроизвольно разворачивается из-за неровности дороги, даже когда водитель и не поворачивает рулевое колесо.

Когда такая система «хочет» скорректировать траекторию поворота при сносе автомобиля с двумя ведущими колесами, она передает дополнительный крутящий момент на внешнее колесо (возможно, при одновременном снижении частоты вращения двигателя), что само по себе будет уменьшать радиус поворота и снижать скорость движения, уменьшая риск выхода из коридора движения, перед тем как траектория будет отрегулирована.



Рис. 3.66. **Активная трансмиссия автомобиля Honda**

Большой интерес к таким активным системам проявлен в Японии. В 1996 г. компания Honda представила свою систему ATTS (Automatic Torque Transfer System — система автоматического распределения крутящего момента) для переднеприводного автомобиля и установила ее на некоторые из своих моделей легковых автомобилей, предназначенных для внутреннего рынка Японии. Отличительной особенностью системы ATTS является то, что оценка всей информации о поведении автомобиля производится с помощью одного датчика, установленного за центром тяжести автомобиля. Фирма также адаптировала принцип ATTS для использования в главной передаче заднего моста полноприводного автомобиля. Такое размещение имеет то преимущество, что это распределение крутящего момента не влияет на работу рулевого управления (в переднеприводном автомобиле распределение момента может непосредственно влиять на так называемое «чувство руля»).

В полноприводных автомобилях распределение момента между передним и задним мостами оказывает более тонкое влияние. Направление большей доли крутящего момента на передние колеса будет уменьшать существующую избыточную поворачиваемость, и наоборот. В системах с активным управлением тремя дифференциалами перераспределение крутящего момента на колеса одной из сторон автомобиля может улучшить сцепление при движении на повороте, в то время как регулирование распределения момента между мостами может улучшить управляемость автомобиля. Такая сложная система активной трансмиссии предназначена в основном для автомобилей-участников ралли. На обычных автомобилях она обеспечивает поддержание нужного поведения автомобиля при движении и безопасность управления в ситуациях, когда водитель совершил ошибку и не обладает достаточным навыком, чтобы самостоятельно выйти из сложившейся ситуации.

В Японии компании Mitsubishi и Subaru продемонстрировали системы, которые управляют трансмиссией, изменяя курсовой угол автомобиля. К концу 2000 г. специалисты компании Prodrive (Великобритания) представили свою собственную систему, которую они назвали Active Torque Dinamic (ATD) — активная динамика крутящего момента. Эта система была разработана для полноприводных автомобилей и может быть выполнена с различными уровнями сложности, в зависимости от поставленной задачи. На простейшем уровне ATD блокирует задний дифференциал в целях предотвращения развития заноса; эта блокировка распределяет большую величину момента на внутреннее колесо, и траектория движения автомобиля выравнивается. На более высоком уровне управления ATD в нужные моменты обеспечивает подачу оптимальной величины крутящего момента к отдельным колесам. Компания Prodrive утверждает, что система активной трансмиссии действует быстрее, чем тормозные механизмы колес, и воспринимается водителем более естественно. Компания ожидает, что технология ATD будет широко использоваться на мощных полноприводных легковых автомобилях.

Компания Honda разработала и изготовила перспективную активную трансмиссию (рис. 3.66), в которой перераспределение крутящего момента по колесам автомобиля обеспечивается с помощью многодисковых муфт, управляемых мощными электромагнитами.

ГЛАВА 4

Для того чтобы любое транспортное средство могло передвигаться, оно должно иметь движитель, представляющий собой устройство, которое обеспечивает контакт транспортного средства с дорогой и передает силы и моменты, приводящие его в движение. Существует множество конструкций движителей: колесных, гусеничных, шагающих, шнековых и др.

Колеса, подвеска, мосты

§ 24

АВТОМОБИЛЬНЫЕ КОЛЕСА

На автомобильном транспорте преимущественное применение получили колеса, поэтому автомобили часто называют колесным транспортом.

Колеса осуществляют связь автомобиля с дорогой. Они обеспечивают движение, поворот, передают вертикальные нагрузки от автомобиля на дорогу, воспринимают удары и колебания, передающиеся от дороги.

Первые колеса появились еще в глубокой древности. Наверное, к идее колеса человек пришел, подкладывая бревна под перемещаемые грузы. Затем появились первые повозки с деревянными колесами. Вначале использовались колесные пары, в которых два колеса жестко крепились на одной оси, а вращалась только эта ось. Недостаток такой конструкции заключался в том, что при движении на поворотах и неровной дороге, скрепленные между собой колеса не могут проходить различные пути и поэтому проскальзывают и быстро изнашиваются. Выход нашелся в свободной установке колес на неподвижной оси, которую жестко соединяли с повозкой. Со временем первые примитивные колеса, изготовленные из куска дерева, были усовершенствованы. Для облегчения колес стали применяться спицы, в центре колеса появилось утолщение — ступица, а на беговой части колесо упрочняли стальной полосой — шиной. Колеса первых автомобилей были еще деревянными, хотя ступицы уже изготавливали из металла. Такие колеса ограничивали скоростные возможности автомобиля, не обеспечивали безопасность и комфорт при езде. Большим достижением было изобретение пневматической шины.

В зависимости от выполняемых функций автомобильные колеса разделяются на ведущие, управляемые, комбинированные (одновременно ведущие и управляемые) и поддерживающие.

Ведущие колеса приводятся во вращение от трансмиссии автомобиля и создают в контакте колеса с дорогой тяговое усилие. Управляемые колеса могут поворачиваться по команде водителя, при этом в контакте колеса с дорогой возникают боковые усилия, которые да-

ют возможность автомобилю изменить направление движения. Поддерживающие колеса не приводят в движение автомобиль и не поворачиваются, а только воспринимают часть нагрузки автомобиля, что уменьшает суммарное давление на опорную поверхность дороги.

§ 25

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА

Колесо автомобиля состоит из пневматической шины, обода, соединительного элемента (диска) и ступицы (рис. 4.1). Пневматические шины будут рассмотрены ниже (см. § 26).

В зависимости от конструкции обода и соединительного элемента колеса могут быть разборными и неразборными, дисковыми и бездисковыми. Ступица колеса обеспечивает его свободную установку на оси автомобиля.

Обод служит для соединения шины с колесом. С этой целью ему придается специальная форма. Колесо в сборе должно быть сбалансировано, балансировочные грузики крепятся к ободу с помощью пружинных зажимов или клея. На большинстве легковых автомобилей и грузовых небольшой грузоподъемности используются глубокие, неразборные ободья (рис. 4.2).

Глубокий обод жестко соединяется с диском, который служит для крепления колеса к ступице с помощью болтов или гаек со шпильками. Полки глубокого обода имеют конусную форму для плотной посадки шины на обод. Угол наклона полок составляет, как правило (5±1)°. Полки обода заканчиваются закраинами, имеющими определенную форму и служащих боковыми упорами для шины. Расстояние между закраинами называется шириной профиля обода. В средней части обода имеется углубление, необходимое для облегчения монтажа и демонтажа шины на обод. Это углубление (ручей) может быть расположено симметрично относительно плоскости колеса или со смещением.

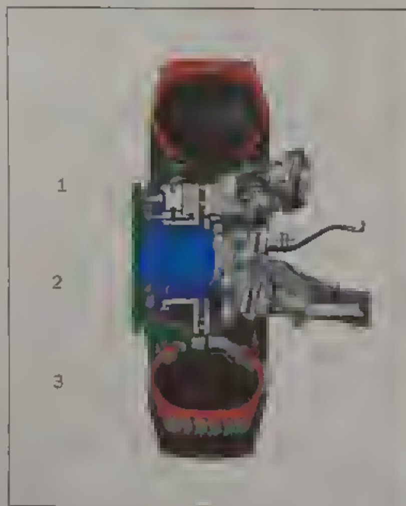


Рис. 4.1. **Устройство автомобильного колеса:** 1 — шина; 2 — обод; 3 — ступица



Рис. 4.2. **Неразборное колесо с глубоким ободом**

Размеры и профиль обода регламентированы соответствующими стандартами. На каждый обод наносится соответствующая маркировка, из которой можно узнать размеры и профиль. Основные размеры обода, ширину профиля и диаметр, как правило, все изготовители указывают в дюймах, за исключением компании Michelin, которая применяет для этого миллиметры.

Пример маркировки: **5J × 13H2 ET 30**, где:

5 — ширина обода в дюймах;

13 — диаметр обода в дюймах;

J и **H2** — конструктивные особенности профиля обода;

ET 30 — вылет (от немецкого слова Einpresstiefe — **ET**) 30 мм.

Вылет колеса (выступ) является важным параметром. Любое колесо должно «охватывать» ступицу, к которой оно крепится, потому что центр пятна контакта шины с дорогой смещается относительно вертикальной оси, проходящей через центр ступицы на небольшую величину (рис. 4.3), которая рассчитывается при конструировании подвески и рулевого управления автомобиля.

Величина выступа особенно важна для управляемых колес, потому что положение пятна контакта относительно оси поворота колеса играет важную роль в определении характеристик поворота автомобиля.

Неразборные колеса с глубоким ободом обычно центрируются на ступице с помощью центрального отверстия. Если диаметр центрального отверстия больше, чем у посадочной части ступицы, то центрирование осуществляется по коническим (или сферическим) поверхностям в отверстиях диска, предназначенных для крепления болтами или гайками. Иногда для лучшего центрирования и облегчения монтажа используют пластмассовые кольца, которые устанавливаются перед монтажом колеса на ступицу в центральное отверстие диска.

Колеса легковых автомобилей изготавливаются штамповкой из стали с последующей сваркой обода и диска или из легких сплавов (алюминиевых или магниевых). Наиболее прочные колеса из легких сплавов — кованые. Они имеют мелкозернистую структуру и высокую прочность при малой массе. Легкосплавные колеса дороже стальных, но эстетически привлекательнее. Колеса изготавливались и из композитных материалов: например, еще в 70-е гг. фирма Citroën выпускала армированные углепластиковые колеса, которые весили в два раза меньше металлических. Однако из-за высокой стоимости таких колес они устанавливаются только на дорогих спортивных автомобилях.

Разборные ободья (рис. 4.4) применяют для колес большинства грузовых автомобилей и автобусов. Разборные ободья могут быть дисковыми и бездисковыми. Наиболее часто используются разборные ободья с коническими посадочными полками.

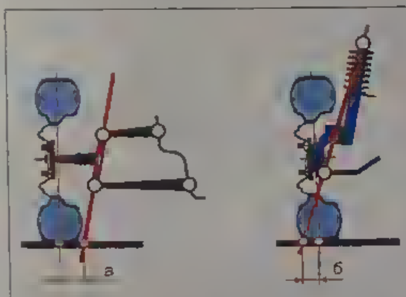


Рис. 4.3. **Положительное (а) и отрицательное (б) плечо обката управляемого колеса**

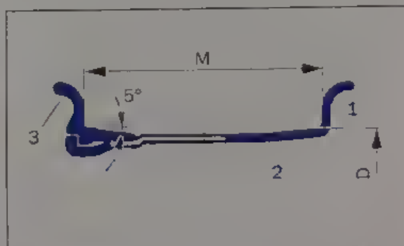


Рис. 4.4. **Конструкция разборного обода грузового автомобиля:** 1 — закраина; 2 — обод; 3 — разрезная часть обода; M — ширина обода; D — диаметр обода



Рис. 4.5. **Бездисковое колесо, его общий вид (а) и крепление колеса (б):** 1 — секторы колеса; 2 — ступица; 3 — крепление; 4 — шпилька; 5 — гайка

Шины грузовых автомобилей имеют большие размеры и высокую жесткость, поэтому монтаж таких шин на неразборные ободья затруднен. Разборные ободья (рис. 4.5) позволяют облегчить эту задачу. Для некоторых шин грузовых автомобилей большой грузоподъемности применяют разборные ободья с распорными кольцами. Такие ободья состоят из двух частей, соединяемых между собой болтами. Такая конструкция надежно удерживает шину на колесе независимо от значения давления воздуха в шине.

Ступицы колес изготавливают из стали или ковкого чугуна. К ним крепятся элементы тормозных механизмов, диски и барабаны. Ступица устанавливается на подшипниках, которые должны воспринимать не только радиальные, но и осевые усилия от действия боковых сил. В ступицах устанавливают конические роликовые или шариковые радиально-упорные подшипники.

В подшипники колес закладывается смазка, выдерживающая высокие температуры. Для предотвращения вытекания смазки и попадания грязи подшипники уплотняются сальниками.

§ 26

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ШИНЫ

Пневматическая шина, являющаяся одним из наиболее важных элементов автомобиля, состоит из покрышки и камеры, расположенных на ободе колеса. Шина воспринимает вертикальную нагрузку от веса автомобиля, и все усилия, возникающие в пятне контакта шины с дорогой при ускорении, торможении и повороте автомобиля. Шина также поглощает и смягчает удары, возникающие при движении автомобиля по дороге. Во время движения автомобиля эластичная пневматическая шина в нижней части деформируется, мелкие неровности дороги поглощаются за счет деформации шины, а большие вызывают плавное перемещение оси колеса. Такая способность шины называется сглаживающей. Сглаживающая способность шины обусловлена упругими свойствами сжатого воздуха, которым заполнена шина. При деформации шины неизбежно возникают потери энергии, обусловленные внутренним трением в материале шины. Внутреннее трение повышает температуру шины, что неблагоприятно сказывается на ее долговечности. Чем больше деформация шины, тем больше затраты энергии на внутренние потери и тем бо́льшая мощность затрачивается на движение автомобиля. Свойства и работоспособность шины в значительной степени зависят от ее конструкции.

Современная шина имеет довольно сложную конструкцию (рис. 4.6). Основным материалом для изготовления шины служит резина и специальная ткань — корд. Если изготовить шину только из резины, то при заполнении ее воздухом, она будет значительно изменять свои размеры и форму. Резина, использующаяся для производства шины, изготавливается из каучука (натурального и синтетического), к которому в процессе производства добавляются различные наполнители: сера, сажа, смолы и др.

При изготовлении пневматических шин для первых автомобилей использовался только натуральный каучук, который получали из смолы деревьев — каучуконосов. Синтетический каучук был впервые получен в нашей стране. Это изобретение принадлежит академику С. В. Лебедеву, который в 1931–1932 г. впервые в мире разработал технологию производства синтетического каучука. Для того чтобы эластичный каучук с наполнителями превратился в упругую резину, он должен пройти процесс вулканизации (соединение серы с каучуком, которое происходит при повышенной температуре). Шины вулканизируются в специальных пресс-формах, внутренняя поверхность которых соответствует наружной поверхности шины. Перед тем как шина попадает в пресс-форму, она собирается из составляющих ее элементов на специальных станках.

Покрышка конструктивно состоит из каркаса, брекера, протектора, боковины и борта.

Каркас шины изготавливается из нескольких слоев прорезиненного корда, представляющего собой ткань, состоящую из близко расположенных друг к другу продольных и редких поперечных нитей. Чем прочнее нити корда, тем долговечнее шина. В качестве нитей для изготовления корда в настоящее время применяют синтетическое волокно, стекловолокно и стальные нити (металлокорд). С увеличением слоев корда в каркасе увеличивается прочность шины, но одновременно растет ее масса и увеличивается сопротивление качению.



Рис. 4.6. **Конструкция пневматической шины**: 1 — двухслойный протектор (красным выделена мягкая резина); 2 — специальная форма бортового кольца; 3 — плечевые части, устойчивые к порезам; 4 — защитный бортовой слой

Борт шины имеет определенную форму, необходимую для плотной посадки ее на обод колеса. Борта шины не должны растягиваться, чтобы обеспечить плотную посадку шины на ободе и предотвращать возможность соскакивания шины с обода. С этой целью внутри бортов шины вставляются разрезные или неразрезные бортовые кольца, изготовленные из нескольких слоев прочной стальной проволоки. Снаружи борта покрыты прорезиненным кордом и тонким слоем резины.

Боковина шины представляет собой нанесенный на каркас тонкий слой эластичной и прочной резины. Она предохраняет шину от боковых повреждений и воздействия влаги.

Протектор шины обеспечивает сцепление шины с дорогой и предохраняет каркас от повреждений. Для его изготовления используется прочная, износостойкая резина. Внешняя часть протектора выполняется в виде четкого рисунка, под которым находится так называемый, подканавочный слой. Рисунок протектора определяется типом и назначением шины.

Брекер представляет собой специальный пояс, выполненный из нескольких слоев прорезиненного корда, который находится между каркасом и протектором. От конструкции брекера в значительной степени зависит форма пятна контакта шины с дорогой. Брекер предохраняет каркас от толчков и ударов и передает усилия различным частям шины.

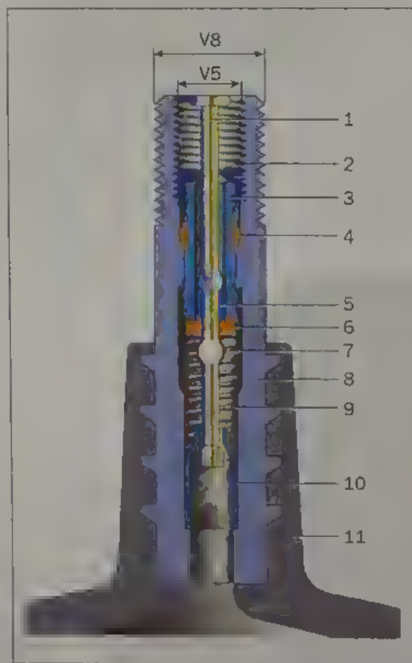
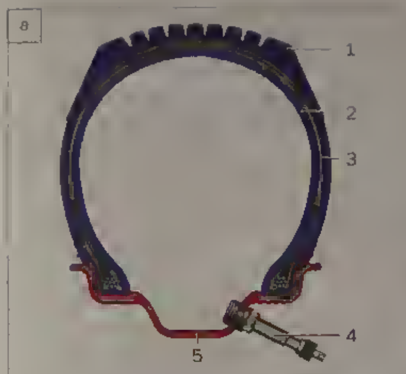


Рис. 4.7. **Вентиль камеры:** 1 — стержень золотника; 2 — резьбовая головка; 3 — втулка; 4 — уплотнитель; 5 — верхняя чашечка; 6 — уплотнительное кольцо золотника; 7 — нижняя чашечка; 8 — корпус вентиля; 9 — пружина золотника; 10 — направляющая чашечка; 11 — обрезиненный кожух

Внутренняя поверхность шины покрыта тонким слоем резины. Состав применяющейся для этого слоя резины может быть разным в зависимости от типа шины (камерная или бескамерная).

В камерной шине для удержания сжатого воздуха используется камера, которая представляет собой эластичную, воздухонепроницаемую оболочку в виде замкнутой трубы. Для того чтобы при монтаже шины на обод камера не образовывала складок, размеры камеры должны быть несколько меньше, чем внутренние размеры шины. Поэтому заполненная воздухом камера находится в растянутом состоянии. Для накачивания и выпуска воздуха камера соединяется с вентилем (рис. 4.7) — специальным клапаном, форма и размеры которого зависят от типа шины. При монтаже шины на обод колеса вентиль должен проходить через специальное отверстие, выполненное в этом ободе.

Бескамерные шины внешне мало отличаются от камерных (рис. 4.8). Внутреннее покрытие такой шины должно быть изготовлено из слоя воздухонепроницаемой резины толщиной 2–3 мм, а на наружную поверхность борта наносят эластичную резину, которая обеспечивает герметичность при посадке шины на обод. Вентиль бескамерной шины образует герметичное соединение при установке его в отверстие обода колеса. При проколе бескамерной шины небольшим предметом этот предмет растягивает возду-



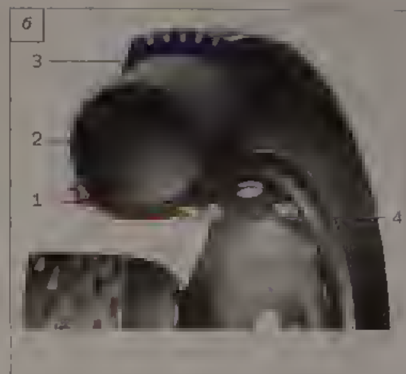


Рис. 4.8. **Конструкция колеса (а) с бескамерной шиной:** 1 — протектор; 2 — герметизирующий воздухонепроницаемый резиновый слой; 3 — каркас; 4 — вентиль колеса; 5 — обод; **(б) колеса с камерной шиной:** 1 — обод колеса; 2 — камера; 3 — шина (покрышка); 4 — вентиль

хонепроницаемый внутренний слой резины бескамерной шины и обволакивается ею. При этом воздух из бескамерной шины выходит очень медленно, в отличие от камерной, в которой камера находится в растянутом состоянии, и, следовательно, любое ее повреждение вызывает увеличение образовавшегося отверстия. Поэтому бескамерные шины более безопасны.

Ремонт небольших повреждений бескамерных шин можно производить без снятия шины с обода, герметизируя образовавшееся отверстие специальным материалом.

Важным преимуществом бескамерных шин по сравнению с камерными является меньшая масса и нагрев при движении. Последний обусловлен отсутствием трения камеры о шину и лучшим охлаждением. Так как износ шин в значительной степени зависит от рабочей температуры, бескамерные шины долговечнее. Не рекомендуется устанавливать в бескамерные шины камеры, поскольку при накачивании камеры между шиной и камерой могут образоваться воздушные подушки, которые будут мешать отводу тепла и приведут к местному перегреву шины. К недостаткам бескамерных шин следует отнести большую сложность ремонта в пути в случае сильных повреждений, а также необходимость в высокой чистоте и гладкости закраины обода для обеспечения герметичности.

КЛАССИФИКАЦИЯ ШИН

Автомобильные шины различаются по назначению, габаритам, конструкции и форме профиля.

По назначению автомобильные шины делят на две группы: для легковых и для грузовых автомобилей. Шины, предназначенные для легковых автомобилей, могут применяться на грузовых автомобилях небольшой грузоподъемности и соответствующих прицепах.

Конструкция шин определяется расположением нитей корда в каркасе. Различают два конструктивных типа автомобильных шин: диагональные и радиальные (рис. 4.9).

Долгое время на автомобилях применяли только диагональные шины, пока в 1947 г. фирма Michelin не разработала радиальную конструкцию шины. В настоящее время большинство автомобилей комплектуется радиальными шинами. В каркасе диагональной шины слои корда располагают под углом к радиусу колеса. Нити соседних слоев каркаса перекрещиваются. В каркасе должно быть только четное число слоев корда. У радиальной шины ни-

ти корда в каркасе расположены по кратчайшему расстоянию между бортами вдоль радиуса колеса. Число слоев в каркасе может быть нечетным.

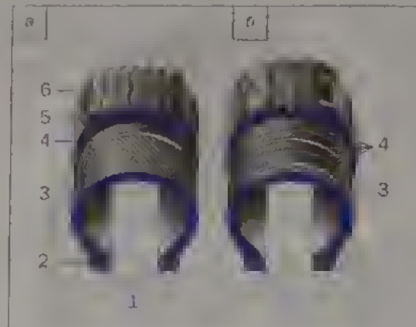


Рис. 4.9. **Конструкция диагональной (а) и радиальной (б) шины:** 1 — борта; 2 — бортовая проволока; 3 — каркас; 4 — брекер; 5 — боковина; 6 — протектор

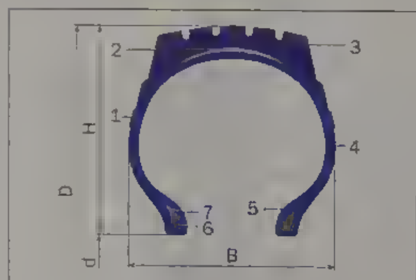


Рис. 4.10. **Конструктивные элементы и основные размеры шины:** D — наружный диаметр; H — высота профиля шины; B — ширина профиля шины; d — посадочный диаметр обода колеса (шины); 1 — каркас; 2 — брекер; 3 — протектор; 4 — боковина; 5 — борт; 6 — бортовая проволока; 7 — наполнительный шнур

Расположение нитей в радиальной шине обеспечивает лучшее постоянство формы пятна контакта шины с дорогой, меньшие перемещения элементов протектора и, как следствие, такие шины меньше нагреваются и изнашиваются. Этот фактор стал решающим при переходе от диагональных шин к радиальным. Кроме того, современные радиальные шины обладают меньшим сопротивлением качению и обеспечивают лучшую устойчивость и управляемость автомобиля.

По форме профиля шины могут быть обычного профиля, широкопрофильные, низкопрофильные, сверхнизкопрофильные, арочные и пневмокатки. Профиль обычных шин близок к окружности (рис. 4.10). Отношение высоты профиля к ширине у обычных шин составляет больше 90 %.

В целом наблюдается тенденция к уменьшению отношения высоты профиля к его ширине (рис. 4.11).

Если шины первых автомобилей имели обычный профиль, то шины современных автомобилей, в особенности легковых, низкопрофильные или сверхнизкопрофильные, у которых отношение высоты профиля к ширине составляет от 70 % до 60 % и меньше.

Уменьшение высоты боковых стенок шины при неизменной ширине шины, дает возможность сделать колесо большего размера без увеличения общего диаметра шины. При этом увеличивается пространство для

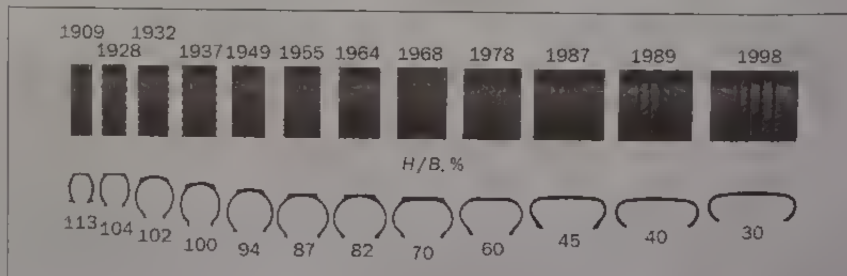


Рис. 4.11. **Изменение профиля автомобильных шин**

размещения большого, а значит, и более эффективного дискового тормоза. Прицепы и полуприцепы современных автопоездов часто комплектуют сверхнизкопрофильными шинами, для того чтобы понизить уровень пола и увеличить полезный грузовой объем этих транспортных средств. Уменьшение высоты профиля повышает жесткость боковых стенок шины, а это обеспечивает более быструю реакцию шины на командные сигналы рулевого управления. Уменьшение деформации боковых стенок шины снижает количество выделяемого при этом тепла и обеспечивает безопасную работу при более высоких скоростях. С другой стороны, боковые стенки становятся жестче, а это приводит к ухудшению сглаживающей способности шин, а форма пятна контакта становится короче и шире. Такие шины могут отрицательно повлиять на управляемость автомобиля. Эти недостатки сдерживают широкое применение сверхнизкопрофильных шин для автомобилей массового производства, на которых обычно используются шины с отношением высоты к ширине профиля 60, 65, и 70 %. Встречаются легковые автомобили, оборудованные сверхнизкопрофильными шинами, у которых высота профиля составляет 30 % ее ширины.

Широкопрофильные и арочные шины устанавливают на колеса грузовых автомобилей с целью улучшения их проходимости. Одна такая шина может заменить сдвоенные шины.

Наилучшую проходимость на мягкой опорной поверхности (снег, песок, грязь) обеспечивают пневмокатки, имеющие бочкообразный профиль и высокую эластичность. Отношение высоты профиля к ширине составляет 25–40 %. Пневмокатки выпускаются только бескамерными, работают они при очень низком давлении воздуха (порядка 0.01–0.05 МПа). Высокая упругость и низкое внутреннее давление воздуха в пневмокатках обеспечивает очень низкое удельное давление на грунт.

РИСУНКИ ПРОТЕКТОРА ШИН

Большое влияние на движение автомобиля и его поведение на дороге оказывает тип рисунка протектора шины. Если бы автомобиль всегда ездил по сухим дорогам с твердым покрытием, то шина без рисунка протектора обеспечила бы наименьший шум и больший пробег до полного износа. Главная задача рисунка протектора — удалять воду из пятна контакта. Если шина гладкая, то при определенной скорости на мокрой дороге наступает явление, которое называется аквапланирование. При этом явлении вода не успевает вытесниться из пятна контакта и шина как бы всплывает над дорогой, теряя с ней контакт. Автомобиль при этом теряет управляемость, что может привести к аварии. Вот почему не допускается эксплуатировать автомобиль, если протектор изношен больше определенной величины. Для шин легковых автомобилей минимальная высота рисунка протектора составляет 1,6 мм. Все современные шины имеют так называемые индикаторы износа (рис. 4.12) — небольшие выступы в канавках протектора. При износе протектора до уровня этих выступов они появляются на поверхности протектора, свидетельствуя о непригодности шины к дальнейшей эксплуатации. Некоторые зимние шины имеют два различных индикатора износа — один для летней эксплуатации, а другой для зим-



Рис. 4.12. **Индикатор износа шины. Выступы в канавках протектора шины имеют высоту 1,6 мм и свидетельствуют о полном износе шины**

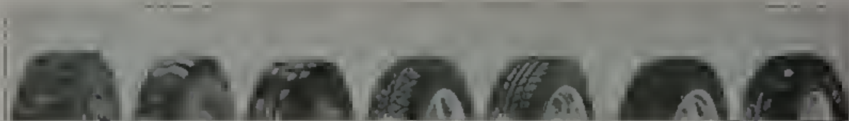


Рис. 4.13. **Шины с различным рисунком протектора**

ней. Отдельные производители применяют особые индикаторы износа. Например, у некоторых шин Nokian по мере износа на протекторе проявляются цифры, указывающие на остаточную величину протектора выраженную в миллиметрах.

Протектор некоторых шин специально создан для обеспечения наилучшего сцепления при движении в специфических дорожных условиях. В отечественной практике различают несколько типов рисунка протектора: дорожный, всесезонный, универсальный, повышенной проходимости, зимний и карьерный (рис. 4.13).

Дорожный рисунок протектора имеют шины, которые обеспечивают хорошее сцепление с усовершенствованным дорожным покрытием преимущественно в летний период времени.

Всесезонный рисунок предназначен для шин, эксплуатирующихся круглый год на дорогах с твердым покрытием. Он должен обеспечивать хорошее сцепление как с сухой, так и с мокрой дорогой, а также с дорогой, покрытой льдом или снегом.

Универсальный рисунок протектора обычно имеет в средней части беговой дорожки шины структуру дорожного рисунка, а ближе к краям — отдельные грунтозацепы. Такой протектор позволяет автомобилю съезжать с твердой дороги и двигаться по грунтовым дорогам.

Рисунок протектора повышенной проходимости обеспечивает возможность движения автомобиля по бездорожью, снегу и грязи. Протектор такой шины имеет расчлененные грунтозацепы, уплотняющие мягкую среду и обеспечивающие необходимое сцепление с опорной поверхностью.

Шины с карьерным рисунком протектора применяются на грузовых автомобилях, которые работают на каменистой поверхности, в карьерах, где дорога покрыта гравием и щебнем. Рисунок протектора должен быть очень редким, чтобы отдельные камни не застревали в канавках протектора.

Зимний рисунок протектора должен обеспечить возможность уверенного движения автомобиля по заснеженным дорогам и во время гололеда. В протекторе зимних шин предусмотрены участки (рис. 4.14) для установки в них шипов противоскольжения.



Рис. 4.14. **Зимняя шина, предназначенная для шипования, без шипов**

За рубежом для шин легковых автомобилей применяют несколько иную классификацию и шины подразделяются на шоссейные, зимние, всесезонные, скоростные и всесезонные скоростные.

Шоссейные (HIGHWAY) шины разработаны для движения по мокрой или сухой дороге с твердым покрытием. Использование таких шин зимой на льду или на снегу недопустимо, поскольку они не обладают необходимыми сцепными свойствами, характерными для зимних или всесезонных шин.

Зимние (SNOW или MUD+SNOW–M+S) шины обеспечивают максимальное сцепление с дорогой при движении по снегу и льду. Их протектор имеет характерный рисунок, обеспечивающий отвод снега из

зоны пятна контакта, и отличается повышенными сцепными свойствами, а применение специальных компонентов в резиновых смесях способствует сохранению их свойств при низких температурах. Однако улучшение сцепных свойств обычно сопровождается снижением управляемости на сухом покрытии в результате повышенного внутреннего трения, достаточно быстрым износом протектора, а также более высоким уровнем шума при движении.

Всесезонные (ALL SEASON) шины сочетают хорошие сцепные свойства на мокрой или заснеженной дороге с достаточной управляемостью, комфортом при движении и износоустойчивостью протектора.

Скоростные (PERFORMANCE) шины созданы для установки на высокодинамичных автомобилях. Такие шины призваны обеспечить повышенные сцепные свойства и более высокий уровень управляемости. Кроме того, вследствие особых условий эксплуатации, скоростные шины должны противостоять значительным температурным нагрузкам. При применении скоростных шин возникают определенные неудобства, связанные с меньшим комфортом при езде, с быстрым износом.

Всесезонные скоростные (ALL SEASON PERFORMANCE) шины созданы специально для получения улучшенных скоростных характеристик при круглогодичной эксплуатации автомобиля на разных дорожных покрытиях, включая движение по льду и снегу. Создание таких шин стало возможным только благодаря внедрению современных технологий, появившихся в последние несколько лет.

МАРКИРОВКА ШИН

На боковины современных шин нанесена буквенная, цифровая и другая маркировка, несущая необходимую информацию (рис. 4.15).

Любая шина имеет на боковине обозначение производителя, а также торговую марку данной модели шины.

Очень важной является надпись, нанесенная крупными символами и указывающая на размерность шины. Например:

185/70 R14 83 S

Первая цифра в размерности шины указывает на ширину профиля шины (исключение составляют широкопрофильные шины, у которых первая цифра обозначает наружный диаметр шины). В приведенном примере 185 — это ширина профиля, выраженная в миллиметрах. Этот параметр проверяется на шине, накачанной до номинального давления.

Если шина низкопрофильная или сверхнизкопрофильная, то через косую черту указана цифра, указывающая отношение высоты профиля к ширине, выраженное в процентах (в нашем примере 70). Эту цифру называют серией шины. Если в обозначении шины отсутствует серия, то шина имеет обычный профиль и отношение высоты профиля к ширине составляет 80–82 %.

Буква R указывает, что шина имеет радиальную конструкцию. Если буквы R нет — шина диагональная.

Следующая цифра (в нашем случае 14), указывает посадочный внутренний диаметр шины, т. е. соответствует диаметру обода колеса. Посадочный диаметр выражается в дюймах. Один дюйм равен 25,4 мм, значит, в приведенном примере посадочный диаметр равен 14 × 25,4=355,6 мм.

Следующие затем число и буква латинского алфавита являются соответственно индексами нагрузки и скорости. Индекс нагрузки является условным, и для определения максимальной нагрузки для конкретной шины необходимо обратиться к таблице в справочнике и найти весовой эквивалент, относящийся к определенному индексу. Например, максимальная

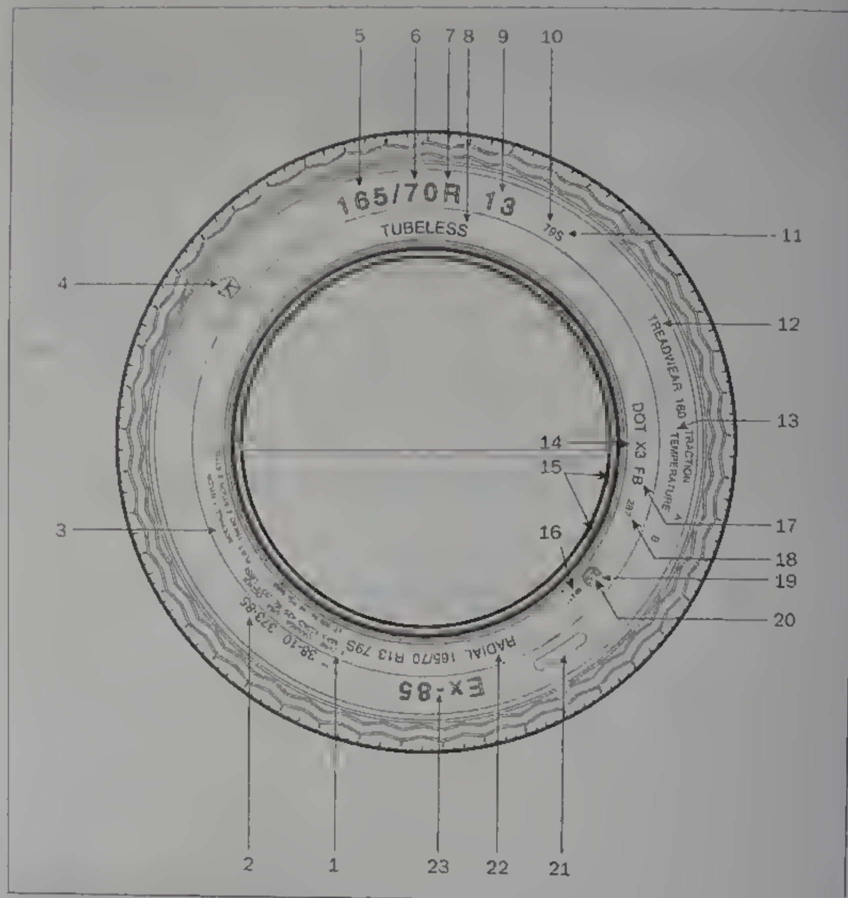


Рис. 4.15. **Обозначения на шинах российского и европейского производства:** 1 — максимальная нагрузка и давление (по стандарту США); 2 — номер ТУ; 3 — количество слоев и тип кода каркаса и брекера; 4 — государственный знак высшей категории качества (до 1992 г.); 5 — ширина профиля; 6 — серия «70» (отношение Н/В); 7 — обозначение радиальной шины; 8 — обозначение бескамерной шины; 9 — диаметр обода (13''); 10 — индекс грузоподъемности; 11 — индекс скорости («S» — до 180 км/ч); 12 — условное обозначение износостойкости шины (по стандарту США); 13 — условное обозначение показателей термостойкости шины (по стандарту США); 14 — условное обозначение кода завода (по стандарту США); 15 — номер сборщика (15); 16 — номер сертификата официального утверждения на соответствие шин Международным правилам № 30 ЕЭК ООН (1247); 17 — условное обозначение кода размера (по стандарту США); 18 — дата изготовления (28 неделя 1987 г.); 19 — знак официального утверждения шины на соответствие Международным правилам № 30 ЕЭК ООН (Е); 20 — условный номер страны, выдавшей сертификат утверждения (5 — Швеция); 21 — серийный порядковый номер шины; 22 — радиальная шина; 23 — наименование модели

нагрузка для шины с индексом 83 составляет 483 кг. Иногда максимальная нагрузка на шину расшифровывается. В этом случае имеется надпись MAX LOAD (максимальная нагрузка) и указывается масса сначала в килограммах, а затем в фунтах.

И, наконец, последний буквенный индекс указывает на максимально допустимую скорость движения автомобиля, для которой предназначена данная шина.

Ниже приводится таблица 4.1 индексов скорости.

Таблица 4.1 Скорость автомобиля, соответствующая буквенному индексу на шине

Индекс	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	H	V	VR	W	Y	ZR
Скорость, км/ч	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	>210	270	300	>240

Скорость движения автомобиля, соответствующая конкретному индексу, является максимально допустимой для данной шины. Например, для шины с индексом S максимальная скорость составляет 180 км/ч, и превышать ее недопустимо.

Некоторые производители шин указывают в надписи размерности шины ее назначение. Например, латинская буква P (Passenger) перед значением ширины профиля шины означает, что шина предназначена для легкового автомобиля. Буквы LT (Light Truck) указывают, что шина для малотоннажного грузового автомобиля.

Обозначение DOT указывает на соответствие шины стандартам США, а индекс E22, расположенный в круге, — на соответствие европейским стандартам. Цифровой индекс указывает на страну, проводившую сертификацию (в нашем примере 22 — Россия).

Согласно нормативным документам США на шине должны быть указаны: индекс износостойкости: TREAD WEAR INDEX (TWI); индекс, указывающий на сцепные свойства (TRACTION INDEX); температурный индекс (TEMPERATURE INDEX). Соответствующие надписи имеются для обозначения материала и числа слоев корда в конструкции шины.

Максимально допустимое давление воздуха в шине указывается в килопаскалях (кПа) и фунтах на квадратный дюйм после надписи MAX PRESSURE. Это давление измеряется при холодном состоянии шины.

Некоторые латинские буквы, нанесенные на шине, указывают на соответствие условиям эксплуатации.

Буквы «M+S» (Mud+Snow — грязь+снег) указывают на то, что шина может использоваться при движении по грязи и снегу.

WINTER (зима) — зимние шины.

AQUATRED или AQUA CONTACT — шины предназначенные, в основном, для движения по мокрым дорогам.

AS (All Seasons — все сезоны) или AW (Any Weather — любая погода) — всесезонные шины, пригодные к использованию на твердых дорогах в любое время года на любом, в том числе мокром и скользком покрытии. Иногда назначение шины указывается пиктограммами.

Слово tubeless указывает на бескамерную шину. TWI (tread wear indicator — индикатор износа протектора) — знак на боковине шины показывает расположение отметок остаточной высоты рисунка в канавках протектора. Знак наносят по боковине у самого края протектора равномерно в шести местах по окружности с каждой стороны шины. Метка может представлять собой либо упомянутую выше аббревиатуру (TWI), либо TWI со стрелкой, либо просто стрелку без букв.

Овал с тремя цифрами на одной из сторон шины указывает на время ее изготовления. Первые две цифры обозначают неделю изготовления, а третья — год изготовления. Шины выпущенные с 2000 г., имеют четырехзначное обозначение даты изготовления.

На шинах с асимметричным рисунком протектора можно встретить одну из следующих надписей:

ROTATION — направление вращения (применяется со стрелкой);

LEFT — шина устанавливается на левую сторону автомобиля;

RIGHT — шина устанавливается на правую сторону автомобиля;

OUTSIDE или Side Facing Out — внешняя сторона установки;

INSIDE или Side Facing Inwards — внутренняя сторона установки.

Ведущие производители автомобильных шин постоянно совершенствуют их конструкцию и применяют новейшие материалы. Технические разработки направлены в основном на повышение долговечности шин, снижение сопротивления качению, улучшение сцепных свойств шин, особенно на скользких дорожных покрытиях, снижение шума и создание «безопасных» шин.

БЕЗОПАСНЫЕ ШИНЫ

Сегодня практически все водители вынуждены возить с собой запасное колесо и инструменты для его замены, которые обладают определенным весом и занимают место в автомобиле. Некоторые производители комплектуют свои автомобили малоразмерными запасными колесами, так называемыми докатками (рис. 4.16), имеющими небольшой вес и габариты и позволяющими с небольшой скоростью доехать до места ремонта.

Тем не менее многие водители предпочитают возить с собой полноразмерные запасные колеса. В настоящее время также появились специальные шины, которые позволяют обойтись без запасного колеса.

В течение многих лет ведущие производители шин делали попытки создания шин, которые не боятся проколов. Некоторые производители (Goodyear, Michelin) выпускали бескамерные шины с несколькими герметизирующими слоями, которые очень медленно выпускали воздух в случае небольших повреждений. Другие (Dunlop, Continental) устанавливали внутри шины специальные капсулы, которые при смятии шины в результате выхода воздуха разрушались и выделяли герметизирующий состав и газ, который накачивал шину. Существуют и другие варианты безопасных конструкций шин и устройств для быстрого ремонта поврежденных шин.

Компания Michelin разработала безопасную шину «PAX» (рис. 4.17), которая действительно не боится проколов и дает возможность автомобилю двигаться на проколотой шине около 160 км со скоростью до 88 км/ч, сохраненяя управляемость и устойчивость. Этого, как правило, достаточно для того, чтобы добраться до ремонтной мастерской.

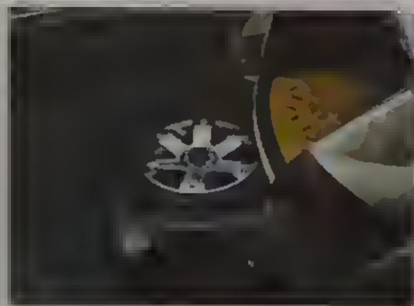
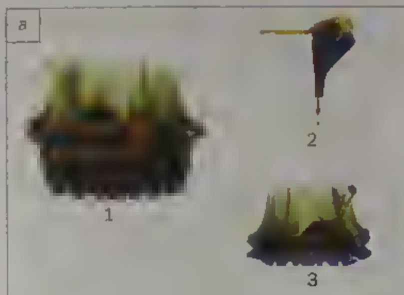


Рис. 4.16. **Небольшое запасное колесо «докатка» не занимает много места**

Кроме повышенной безопасности шина «PAX» обладает меньшим сопротивлением качению и меньшей деформацией при действии боковых сил, что улучшает показатели устойчивости и управляемости автомобиля. Бортовая часть шины имеет специальную конструкцию, за счет которой шина прочно удерживается на ободе. Обод колеса, предназначенного для шины «PAX», несимметричен и не может использоваться для стандартных шин. Обод имеет плоское металлическое кольцо, покрытое эластичным материалом. Кольцо располагается внутри смонтированной на ободе шины и при выходе из нее воздуха обеспечивает необходимую опору.



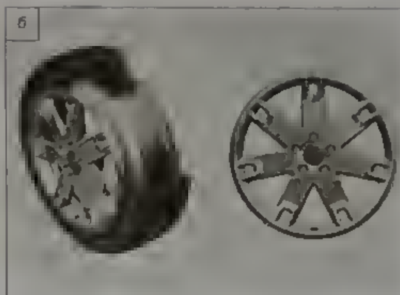


Рис. 4.17. **Шины «PAX» компании Michelin а:** 1 — профиль шины и обода; 2 — конструкция борта шины обеспечивает плотное прижатие к полке обода; 3 — в спущенном состоянии шина опирается на усиленное кольцо; **б: шины «PAX» устанавливаемые на новые автомобили Audi.**

К недостатку шины «PAX» следует отнести то, что она требует нестандартный обод, а для ее монтажа необходимо специальное оборудование. Тем не менее некоторые серийные автомобили комплектуются такими шинами.

Компания Goodyear выпускает шину EMT (Extended Mobility Tire — шина повышенной мобильности). Шина EMT (рис. 4.18) внешне мало отличается от обычной и может устанавливаться на стандартный обод. При проколе воздух из шины выходит, но она поддерживается в рабочем

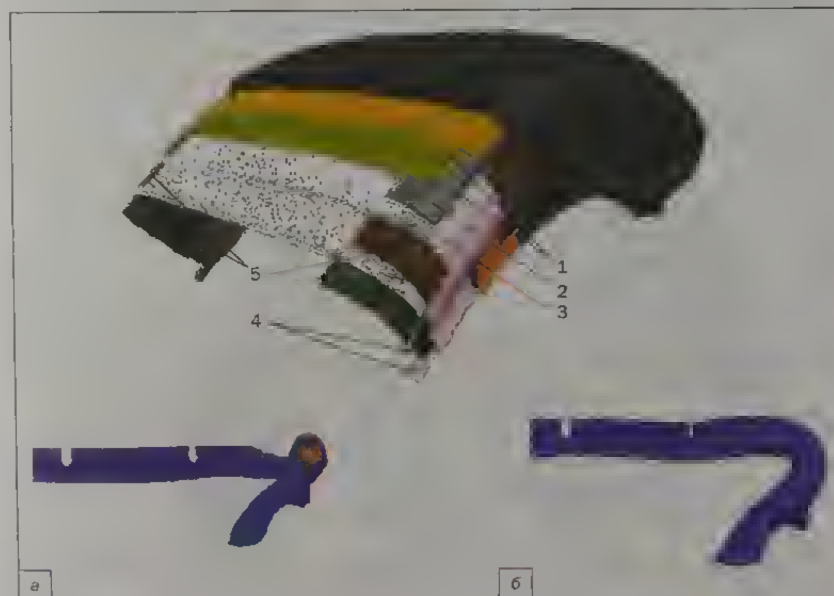


Рис. 4.18. **Шина повышенной мобильности EMT:** 1 — слои брекера; 2 — дополнительная вставка в плечевой зоне; 3 — каркас шины; 4 — бортовое кольцо; 5 — слои в каркасе; **а — складывание обычной шины; б — складывание шины EMT**



Рис. 4.19. **Система производства компании Siemens постоянно контролирует давление воздуха в шинах посредством датчиков, установленных в колесах**

состоянии за счет особой конструкции. В плечевой зоне шины, боковине и брекере имеются специальные вставки из синтетического материала, которые не позволяют шине складываться и разрушаться от нагрева.

Водитель автомобиля, оборудованного безопасными шинами, может не заметить прокола, поэтому производители таких шин требуют, чтобы на автомобили устанавливались системы, предупреждающие водителя о падении давления в шинах (рис. 4.19). Некоторые автомобили уже комплектуются этими системами, а с ноября 2006 г. все легковые автомобили выпускаемые в США, должны быть оборудованы ими в обязательном порядке.

Увеличить безопасность и сберечь шины могут не только описанные конструкции, но и системы постоянной подкачки шин. Такие системы успешно используются на некоторых грузовых автомобилях повышенной проходимости, но они имеют довольно сложное устройство и требуют наличия постоянно работающего компрессора. Фирма Cycloid изготавливает небольшие насосы (рис. 4.20), которые устанавливаются на ступицу колеса и соединяются шлангом с вентилем шины. Такой насос приводится от вращающейся ступицы колеса и при этом гарантированно поддерживает постоянное давление воздуха в шине.

Пока такие насосы предназначены только для грузовиков, но фирма заявляет о скором выпуске насосов и для легковых автомобилей.

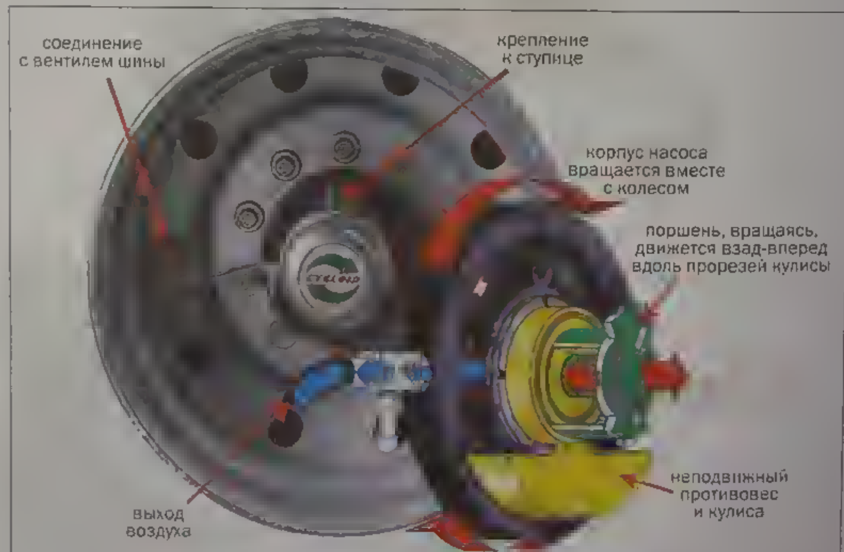


Рис. 4.20. **Насос фирмы Cycloid состоит из противовеса, эксцентрика, поршня с цилиндром и клапанов. Для работы насоса требуется только вращение колеса**

§ 27

ПОДВЕСКА

Подвеска входит в несущую систему автомобиля, она связывает колеса с кузовом, воспринимает силы, действующие на движущийся автомобиль, и гасит колебания кузова.

Подвеска автомобиля обеспечивает упругую связь между колесами автомобиля и его кузовом (рамой). Если бы автомобиль не имел подвески, водитель, пассажиры и груз подвергались бы постоянным воздействиям от неровностей дороги, ощущали бы постоянные толчки, удары и вибрации, возникающие при движении автомобиля. Таким образом, подвеска автомобиля обеспечивает необходимый комфорт пассажирам и сохранность грузов. Подвеска снижает величину силового воздействия на элементы конструкции автомобиля от дороги, уменьшая тем самым вероятность поломок, и обеспечивает постоянный контакт колес с дорогой. От конструкции подвески в значительной степени зависит поведение автомобиля на дороге, возможность достижения высоких скоростей и безопасность при совершении маневров.

Подвеска любого автомобиля состоит из направляющего, упругого, гасящего устройств и элементов крепления подвески (рис. 4.21). В конструкции подвесок большинства автомобилей применяют стабилизаторы поперечной устойчивости.

С помощью направляющего устройства подвески колесо автомобиля соединяется с кузовом или рамой автомобиля. Через элементы направляющего устройства на кузов автомобиля передаются все силы, возникающие в контакте колеса с дорогой. Кроме того, направляющее устройство определяет характер перемещения колес относительно кузова автомобиля.

При наезде колеса на неровность дороги оно приподнимается, и это перемещение воспринимается упругим устройством подвески, которое деформируется (рис. 4.22) и тем самым накапливает полученную энергию. Затем накопленная энергия передается кузову автомобиля, который, в свою очередь, приподнимается на некоторую высоту, а затем начинает опускаться.

За счет упругих свойств подвески исключается повторение кузовом автомобиля дорожных неровностей и существенно улучшается плавность хода автомобиля. Потеря энергии при работе упругого элемента незначительна, и поэтому возникающие колебания кузова могут продолжаться довольно долго, что неблагоприятно сказывается на комфортабельности движения. Для уменьшения амплитуды колебаний применяют гасящие устройства — амортиза-



Рис. 4.21. **Устройство подвески автомобиля**

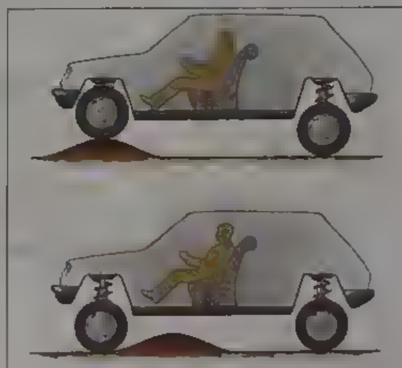


Рис. 4.22. **Наезд колеса автомобиля на дорожную неровность**

торы, которые эффективно рассеивают энергию и приводят к быстрому затуханию колебаний. На самочувствие человека влияет не только амплитуда колебаний кузова, но и их частота. Поэтому при конструировании подвески с помощью подбора упругих и гасящих устройств разработчики стремятся обеспечить необходимые характеристики.

ПОДРЕССОРЕННЫЕ И НЕПОДРЕССОРЕННЫЕ МАССЫ

Конструкция подвески автомобиля в значительной степени определяется соотношением между подрессоренными и неподрессоренными массами (рис. 4.23).

Из названия можно сделать вывод, что подрессоренной массой автомобиля считается та его часть, которая воспринимается подвеской и имеет между собой и дорогой упругий элемент. К неподрессоренным массам относятся все оставшиеся части: колеса, шины, ступицы колес, тормозные барабаны или диски. При наезде колеса на дорожную неровность оно поднимается и передает усилие на кузов, действуя через упругий элемент. Воздействие этого перемещения колеса на перемещение кузова зависит от того, насколько кузов тяжелее колеса и всего, что соединено с ним, — другими словами, от соотношения подрессоренных и неподрессоренных масс. Чем меньше величина неподрессоренных масс, тем меньшее воздействие на плавность хода оказывает движение по неровной дороге. Это явилось основной причиной перехода к независимым подвескам, которые не имеют тяжелой балки, соединяющей колеса, и в которых только само колесо и все, что связано с ним, является неподрессоренным.

Большая величина отношения подрессоренных и неподрессоренных масс оказывает влияние не только на плавность хода, но и на способность автомобиля держать дорогу. Чем тяжелее кузов относительно колеса, тем быстрее колесо возвращается на место постоянного контакта, после того как оторвется от дороги при наезде на неровность. Поэтому конструкторы современных автомобилей стремятся максимально снизить величину неподрессоренных масс.



Рис. 4.23. **Подрессоренные и неподрессоренные массы автомобиля**

Для повышения устойчивости автомобиля при движении, легкости управления и снижения износа шин служат углы установки передних управляемых колес. К таким углам относятся: схождение и развал колес, продольный и поперечный наклон геометрической оси поворота управляемого колеса.

Передние колеса автомобиля (а иногда и задние) устанавливают не параллельно, а под определенными углами друг к другу. Положение колеса относительно вертикальной плоскости называется развалом колеса, а относительно горизонтальной — схождением. Схождение и развал бывают как положительными, так и отрицательными (рис. рис. 4.24).

Несмотря на то что наименьшее сопротивление движению и меньший износ шин будут в случае, когда колеса катятся в вертикальных плоскостях, параллельных продольной оси автомобиля, их все же устанавливают с развалом и схождением. Дело в том, что при движении автомобиля его колеса нагружены силами взаимодействия с дорогой. Например, на передние колеса автомобиля с задним приводом большую часть времени действуют силы, направленные против движения и стремящиеся развернуть колеса наружу. В подвеске автомобиля имеются упругие элементы, которые имеют определенную эластичность и дают возможность колесам повернуться наружу. Для того чтобы при движении колеса катились параллельно продольной плоскости автомобиля, их предварительно устанавливают с небольшим положительным схождением. У автомобилей с передними ведущими колесами, у которых большую часть времени на эти колеса действует сила тяги, совпадающая с направлением движения, колеса устанавливаются с отрицательным схождением. Установка колес с развалом обусловлена более сложными причинами. Колеса при движении автомобиля по возможности должны находиться в положении, когда они перпендикулярны дорожной поверхности (нулевой угол развала). Если колесо катится под углом к вертикали, сцепление шины с дорогой уменьшается, а пятно контакта шины с дорогой изменяет свою форму, что приводит к появлению боковой силы, которая стремится дестабилизировать движение автомобиля.

Можно создать такую независимую подвеску, в которой колесо будет перемещаться в вертикальной плоскости без наклона при движении по любой прямолинейной дороге. Гораздо труднее сохранить вертикальность колеса, когда кузов автомобиля, к которому присоединен направляющий элемент, накреняется при прохождении автомобилем поворота. Поэтому конструкторы современных подвесок выяснили, что лучше позволить изменяться развалу.

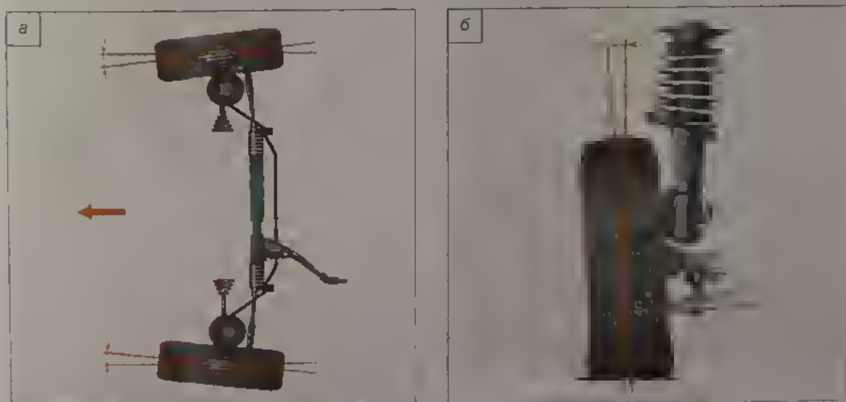


Рис. 4.24. **Схождеие (а) и развал (б) колес**

но сделать его направленным противоположно крену кузова, поскольку это сохраняет вертикальное положение колес при поворотах. Такой подход обеспечивает улучшение сцепных свойств при прохождении поворотов и, как следствие, улучшение устойчивости и управляемости

Для самовозврата колес к прямолинейному движению после поворота служит угол поперечного наклона шкворня. Наличие такого наклона приводит к возникновению стабилизирующего момента на управляемых колесах, который зависит от величины этого угла наклона и силы тяжести, приходящихся на управляемые колеса, но не зависит от скорости движения. Эти углы лежат в пределах 6–10°.

Наклон геометрической оси в продольной плоскости заключается в смещении нижнего конца этой оси относительно вертикали. Данный угол наклона служит для сохранения прямолинейного движения колес при движении с большими скоростями. Создаваемые реактивные усилия на плечах, представляющих собой расстояния от точек касания с дорогой, стремятся вернуть колеса в положение прямолинейного движения. Этот угол обычно равен 1–3.5° и зависит от боковой упругости шин.

УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В качестве упругих устройств в подвесках современных автомобилей используют металлические и неметаллические элементы. Наибольшее распространение получили металлические устройства: пружины, листовые рессоры и торсионы.

Наиболее широко (особенно в подвесках легковых автомобилей) применяются витые пружины, изготавливаемые из стального упругого стержня круглого сечения (рис. 4.25).

При сжатии пружины по вертикальной оси, ее витки сближаются и закручиваются. Если пружина имеет цилиндрическую форму, то при ее деформации расстояние между витками сохраняется постоянным и пружина имеет линейную характеристику. Это значит, что деформация цилиндрической пружины всегда прямо пропорциональна приложенному усилию, а пружина имеет постоянную жесткость. Если изготовить витую пружину из прутка переменного сечения или придать пружине определенную форму (в виде бочонка или кокона), то такой упругий элемент будет иметь переменную жесткость. При сжатии такой пружины вначале будут сближаться менее жесткие витки, а после их соприкосновения в работу вступят более жесткие. Пружины переменной жесткости широко применяются в подвесках современных легковых автомобилей.



Рис. 4.25 **Пружина подвески автомобиля Jaguar с переменной жесткостью**

К достоинствам пружин, применяемых в качестве упругих элементов подвесок, следует отнести их малую массу и возможность обеспечения высокой плавности хода автомобиля. В то же время пружина не может передавать усилия в поперечной плоскости и ее применение требует наличия в подвеске сложного направляющего устройства.

Листовая рессора служила упругим элементом подвески еще на гужевых экипажах и первых автомобилях, но она продолжает применяться и в наши дни, правда в основном на грузовых автомобилях. Ти-

пичная листовая рессора состоит из набора скрепленных между собой листов (рис. 4.26) различной длины, изготовленных из пружинной стали. Листовая рессора обычно имеет форму полуэллипса.

Листы, из которых состоит рессора, имеют различную длину и кривизну. Чем меньше длина листа, тем больше должна быть его кривизна, что необходимо для более плотного взаимного прилегания листов в собранной рессоре. При такой конструкции уменьшается нагрузка на самый длинный (коренной) лист рессоры. Листы рессоры скрепляют между собой центровым болтом и хомутами. С помощью коренного листа рессора прикрепляется шарнирно обоими концами к кузову или раме и может передавать усилия от колес автомобиля на раму или кузов. Форма концов коренного листа определяется способом крепления его к раме (кузову) и необходимостью обеспечения компенсации изменения длины листа (рис. 4.27). Один из концов рессоры должен иметь возможность поворачиваться, а другой поворачиваться и перемещаться.

При деформации рессоры ее листы изгибаются и изменяют свою длину. При этом происходит трение листов друг о друга, и поэтому они требуют смазки, а между листами рессор легковых автомобилей устанавливают специальные антифрикционные прокладки. В то же вре-

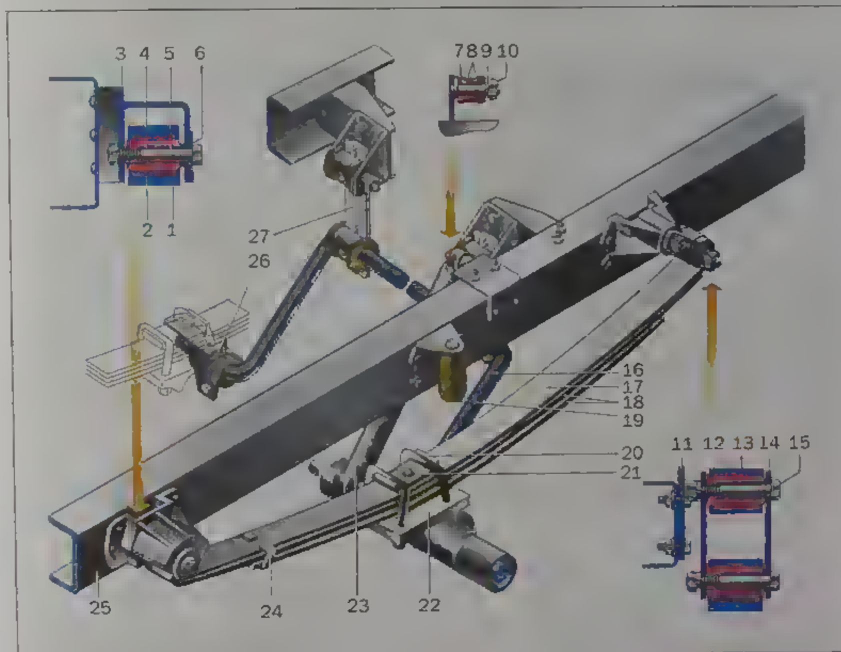


Рис. 4.26. **Задняя рессорная подвеска:** 1 — проушина рессоры; 2 — резиновая втулка; 3 — кронштейн; 4 — втулка; 5 — болт; 6 — шайбы; 7 — палец; 8 — резиновые втулки; 9 — пружинная шайба; 10 — гайка; 11 — кронштейн; 12 — втулка резиновая; 13 — втулка; 14 — пластина серьги; 15 — болт; 16 — штанга стабилизатора; 17 — коренной лист; 18 — листы рессоры; 19 — резиновый буфер хода сжатия; 20 — стремянки; 21 — накладка; 22 — балка заднего моста; 23 — амортизатор; 24 — хомут; 25 — лонжерон рамы; 26 — кронштейн стабилизатора; 27 — серьга стабилизатора

ми наличие трения в рессоре позволяет гасить колебания кузова и в некоторых случаях дает возможность обойтись без применения в подвеске амортизаторов. Рессорная подвеска имеет простую конструкцию, но большую массу, что и определяет наибольшее ее распространение в подвесках грузовых автомобилей и некоторых легковых автомобилях повышенной проходимости. Для уменьшения массы рессорных подвесок и улучшения плавности хода иногда применяются малолистовые и однолистовые рессоры с листом переменного по длине сечения. Довольно редко в подвесках применяются рессоры, изготовленные из армированной пластмассы. Например, в задней подвеске автомобиля Volvo 940 использовалась такая рессора, установленная поперечно.

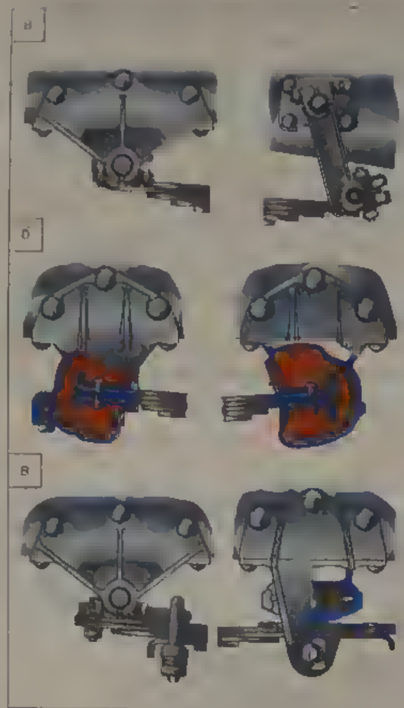


Рис. 4.27. **Способы крепления рессор: а — с витыми ушками; б — на резиновых подушках; в — с накладным ушком и скользящей опорой**

Торсион — металлический упругий элемент, работающий на скручивание. Обычно торсион представляет собой сплошной металлический стержень круглого сечения с утолщениями на концах, на которых нарезаны шлицы. Встречаются подвески, в которых торсионы изготовлены из набора пластин или стержней (автомобили ЗАЗ). Одним концом торсион крепится к кузову (раме), а другим к направляющему устройству. При перемещениях колес торсионы закручиваются, обеспечивая упругую связь между колесом и кузовом. В зависимости от конструкции подвески торсионы могут располагаться как вдоль продольной оси автомобиля (обычно под полом), так и поперек. Торсионные подвески получаются компактными и легкими (рис. 4.28) и дают возможность регулировки подвески путем предварительного закручивания торсионов.

Неметалические упругие элементы подвесок делятся на резиновые, пневматические и гидропневматические.

Резиновые упругие элементы присутствуют практически во всех конструкциях подвесок, но не в качестве основных, а как дополнительные, используемые для ограничения хода колес вверх и вниз. Применение дополнительных резиновых ограничителей (буферов, отбойников) ограничивает деформацию основных упругих элементов подвески, увеличивая ее жесткость при больших перемещениях и предотвращая удары металла по металлу. В последнее время резиновые элементы все чаще заменяются устройствами из синтетических материалов (полиуретан).

В **пневматических** упругих элементах используются упругие свойства сжатого воздуха. Упругий элемент представляет собой баллон, изготовленный из армированной резины, в который подается под давлением воздух от специального компрессора. Форма пневмобаллонов может быть различной. Получили распространение баллоны рукавного типа (рис. 4.29а) и двойные (двухсекционные) баллоны (рис. 4.29б).



Рис. 4.28. **Торсионная подвеска. В задней подвеске автомобиля Peugeot 206 используются два торсиона, соединенные с продольными рычагами. В направляющем устройстве подвески применяются трубчатые рычаги, установленные под углом к продольной оси автомобиля**

К преимуществам пневматических упругих элементов подвесок следует отнести высокую плавность хода автомобиля, небольшую массу и возможность поддержания постоянным уровня пола кузова, независимо от загрузки автомобиля. Подвески с пневматическими упругими элементами применяют на автобусах, грузовых и легковых автомобилях. Постоянство уровня пола грузовой платформы обеспечивает удобство погрузки и разгрузки грузового автомобиля, а для легковых автомобилей и автобусов — удобство при посадке и высадке пассажиров. Для получения сжатого воздуха на автобусах и грузовых автомобилях с пневматической тормозной системой используются штатные компрессоры, приводимые в действие от двигателя, а на легковых автомобилях устанавливают специальные компрессоры, как правило, с электроприводом (Range Rover, Mercedes, Audi). Использование пневматических упругих элементов требует применения в подвеске сложного направляющего элемента и амортизаторов. Подвески с пневматическими упругими элементами некоторых современных легковых автомобилей имеют сложное электронное управление (рис. 4.30), которое



Рис. 4.29. **Упругие элементы пневматических подвесок: а — рукавного типа; б — двойные баллоны**

обеспечивает не только постоянство уровня кузова, но и автоматическое изменение жесткости отдельных пневмобаллонов на поворотах и при торможении, для уменьшения крена кузова и клевков, что в целом повышает комфортабельность и безопасность движения.



Рис. 4.30. **Пневмоподвеска. На новых автомобилях Mercedes E-класса вместо пружин стали применяться пневматические упругие элементы**

Гидропневматический упругий элемент представляет собой специальную камеру, разделенную на две полости эластичной мембраной или поршнем (рис. 4.31).

Одна из полостей камеры заполнена сжатым газом (обычно азотом), а другая жидкостью (специальным маслом). Упругие свойства обеспечиваются сжатым газом, поскольку жидкость практически не сжимается. Перемещение колеса вызывает перемещение поршня, находящегося в цилиндре, заполненном жидкостью. При ходе колеса вверх поршень вытесняет из цилиндра жидкость, которая поступает в камеру и воз-

Рис. 4.31. **Гидропневматический упругий элемент:** 1 — сжатый газ; 2 — корпус; 3 — жидкость; 4 — к насосу; 5 — к амортизаторной стойке

действует на разделительную мембрану, которая перемещается и сжимает газ. Для поддержания необходимого давления в системе используется гидравлический насос и гидроаккумулятор. Изменяя давление жидкости, поступающей под мембрану упругого элемента, можно изменять давление газа и жесткость подвески. При колебаниях кузова жидкость проходит через систему клапанов и испытывает сопротивление. Гидравлическое трение обеспечивает гасящие свойства подвески. Гидропневматические подвески обеспечивают высокую плавность хода, возможность регулировки положения кузова и эффективное гашение колебаний. К основным недостаткам такой подвески относится ее сложность и высокая стоимость. Она применяется на некоторых легковых автомобилях (Citroën, Mercedes, Rolls-Royce и др.) и реже на грузовых автомобилях (БелАЗ).

СТАБИЛИЗАТОРЫ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

При повороте автомобиля его кузов наклоняется на определенный угол, называемый углом крена. Величина угла крена зависит от конструкции подвески. Стабилизаторы поперечной устойчивости уменьшают угол крена кузова на поворотах и перераспределяют вес по колесам автомобиля.

Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля представляет собой упругую штангу из пружинной стали в виде растянутой буквы П (рис. 4.32). Штанга закреплена шарнирно в средней части на кузове или подрамнике, а своими концами соединяется с подвижными

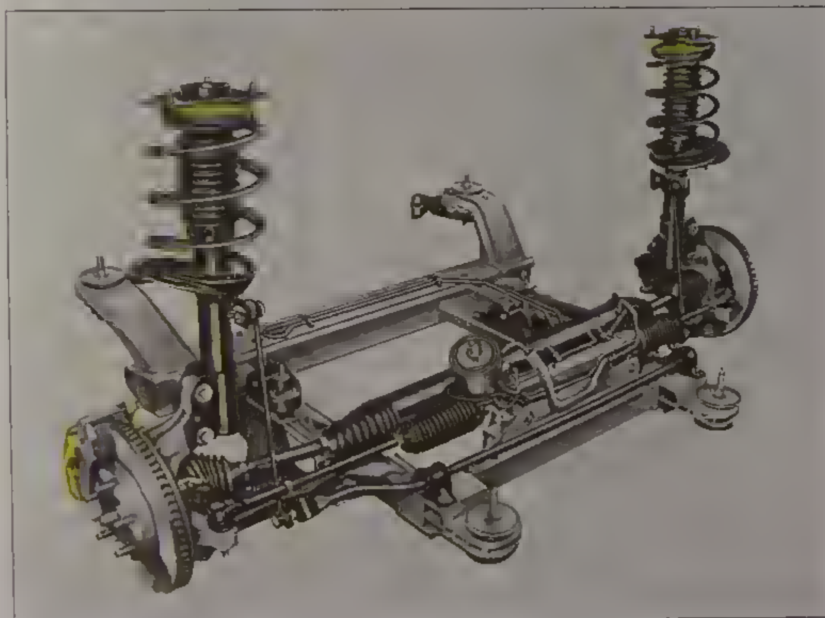


Рис. 4.32. **Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля Pontiac Grand Prix в средней части соединяется с помощью кронштейнов к подрамнику, а его концы шарнирными тягами присоединяются к стойкам подвески**

элементами подвески. Стабилизаторы могут устанавливаться как в передней, так и в задней части автомобиля. Упругие свойства стабилизатора проявляются при его закручивании, как у торсиона. Если при движении автомобиля левое и правое колесо перемещаются одновременно и на одинаковое расстояние, стабилизатор практически не оказывает влияния на жесткость основных упругих элементов подвески. Стабилизатор закручивается и изменяет жесткость, уменьшая тем самым величину крена автомобиля. Большинство современных легковых автомобилей оборудуются как минимум передним стабилизатором поперечной устойчивости.

В то же время применение стабилизаторов создает определенные проблемы. Например, когда колесо, соединенное со стабилизатором, подскакивает на дорожной неровности, стабилизатор реагирует на перемещение колеса, стремясь накренить кузов. На плохих дорогах это может привести к раскачиванию кузова в поперечном направлении. Кроме того, при резких поворотах на большой скорости перераспределение нагрузки за счет жесткого стабилизатора поперечной устойчивости может привести к отрыву от дороги внутреннего колеса.

АМОРТИЗАТОРЫ

Как уже отмечалось выше, для быстрого гашения колебаний кузова, возникающих в результате деформации рессор или пружин подвески, применяются амортизаторы. Кроме того, амортизатор снижает скорость вертикального перемещения колеса относительно кузова.

В подвесках первых автомобилей применялись амортизаторы с механическим трением. Обычно такой амортизатор состоял из набора фрикционных дисков, сжатых пружиной, которые терлись друг о друга при перемещениях подвески. Такие амортизаторы быстро изнашивались и ухудшали плавность хода автомобиля. Им на смену пришли гидравлические рычажные амортизаторы, в которых механическое трение было заменено на трение жидкости, проходящей через калиброванные отверстия. Рычажные амортизаторы были довольно компактны, но работали при высоких давлениях жидкости, сильно нагревались и были недолговечны. В подвесках современных автомобилей применяются телескопические гидравлические амортизаторы (рис. 4.33).

Действие такого амортизатора основано на использовании гидравлического сопротивления, возникающего при перетекании жидкости из одной полости цилиндра в другую через отверстия, перекрытые клапанами сжатия и отдачи.

Телескопический амортизатор состоит из герметичного цилиндра, внутри которого перемещается поршень, соединенный со штоком. Цилиндр заполнен жидкостью. В поршне имеются отверстия определенного диаметра, которые закрываются подпружиненными клапанами. Один клапан установлен сверху поршня, другой — снизу. Поскольку жидкость является несжимаемой, то при перемещении поршня в одной из полостей цилиндра повышается давление, которое открывает соответствующий клапан, и жидкость перетекает через отверстия из одной полости цилиндра в другую. Эффективность действия амортизатора пропорциональна скорости движения поршня в цилиндре. Скорость перетекания жидкости из одной полости цилиндра в другую зависит от диаметров отверстий и разности давлений в полостях. Современные телескопические амортизаторы обычно двухсторонние, т. е. они оказывают сопротивление как при сжатии, так и при растяжении (отдаче). Обычно сопротивление при растяжении больше, чем при сжатии. Любой телескопический амортизатор должен иметь устройство для компенсации изменения объема жидкости. Дело в том, что при сжатии амортизатора вытесняемый объем больше, чем освобождающийся с другой стороны поршня, потому что здесь часть объема цилиндра занимает шток. В амортизаторе (рис. 4.33) применяется специальная пневмокамера, заполненная сжатым газом, которая изолирована от основной части цилиндра плавающим поршнем. При ходе сжатия амортизатора объем пневмокамеры

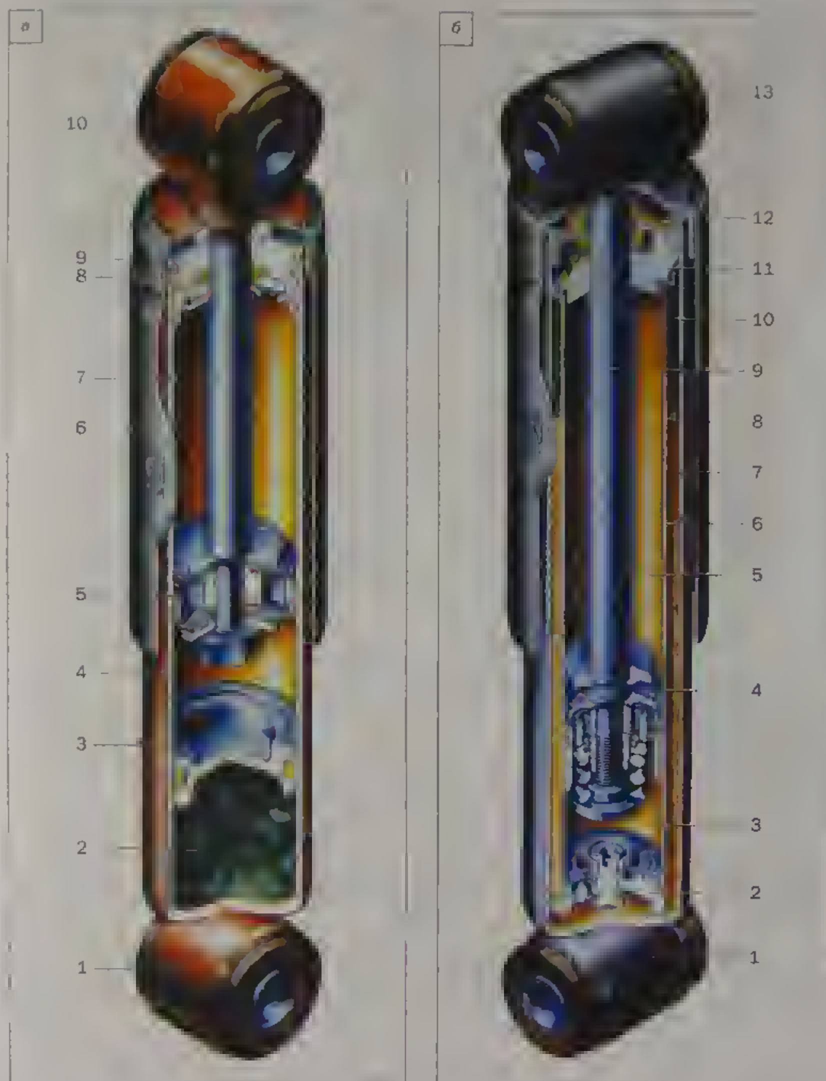


Рис. 4.33. **Конструкция (а) телескопического однотрубного амортизатора:** 1 — нижняя проушина; 2 — газ; 3 — плавающий поршень; 4 — рабочий цилиндр; 5 — поршень; 6 — корпус; 7 — шток поршня; 8 — сальник штока; 9 — направляющая штока; 10 — верхняя проушина; **и (б) телескопического двухтрубного амортизатора:** 1 — нижняя проушина; 2 — донный клапан; 3, 5 — рабочая полость; 4 — поршень; 6 — рабочий цилиндр; 7 — корпус резервуара; 8 — корпус; 9 — шток поршня; 10 — воздух; 11 — направляющая штока; 12 — сальник штока; 13 — верхняя проушина

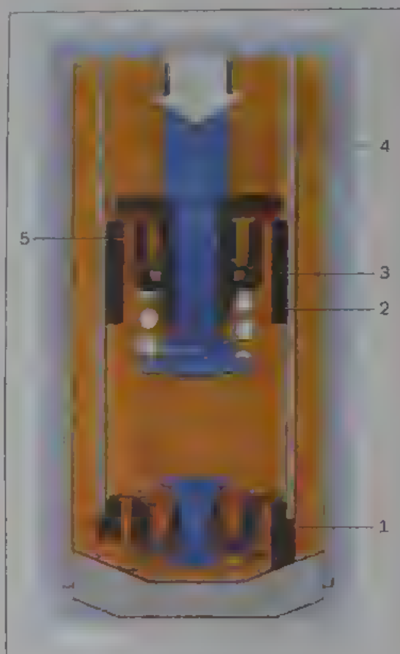


Рис. 4.34. **Схема работы двухтрубного амортизатора:** 1 — донный клапан; 2 — поршень; 3 — клапан сжатия; 4 — шток; 5 — клапан отбоя

уменьшается, а при ходе отдачи — увеличивается. Наличие пневмокамеры обеспечивает также компенсацию изменения объема рабочей жидкости при изменении температуры. Амортизаторы такого типа называют однотрубными, газонаполненными. Двухтрубные амортизаторы отличаются наличием еще одного цилиндра, внутри которого находится рабочий цилиндр (рис. 4.34).

Дополнительная полость, находящаяся между внутренним и наружным цилиндрами, называется компенсационной. Компенсационная полость изолирована от атмосферы, но сообщается с внутренней полостью рабочего цилиндра. При ходе сжатия амортизатора излишки жидкости из рабочего цилиндра перетекают в компенсационную полость и находящийся там воздух сжимается. При ходе отдачи амортизатора сжатый воздух вытесняет жидкость обратно в рабочий цилиндр. При одинаковых рабочих ходах однотрубный амортизатор рассмотренного типа будет иметь большую длину, чем двухтрубный, из-за наличия в цилиндре пневмокамеры. Несмотря на этот недостаток, в настоящее время большее распространение имеют однотрубные амортизаторы, которые лучше охлаждаются, поскольку не имеют двойных стенок. Двухтрубные амортизаторы также бывают газонаполненными. У таких амортизаторов в компенсационной полости газ находится под давлением. Особенностью газонаполненных амортизаторов является то, что в свободном состоянии шток амортизатора выходит из цилиндра под действием давления газа. Конструкция любого амортизатора должна обеспечивать герметичность. При нарушении герметичности появляются стуки во время работы подвески и теряется эффективность амортизатора, что требует его замены. Шток амортизатора обработан до высокой степени чистоты поверхности, а между штоком и внутренней частью цилиндра устанавливается специальное надежное уплотнение. Таким же надежным должно быть уплотнение плавающего поршня в однотрубном амортизаторе. При нарушении герметичности газ смешивается с жидкостью, образуется сжимаемая смесь, эффективность работы амортизатора снижается, появляются посторонние стуки. Рабочая поверхность штока предохраняется от повреждений защитным кожухом. На конце штока и на цилиндре имеются крепления для соединения амортизатора с рычагами подвески и кузовом автомобиля. Крепление амортизаторов осуществляется с помощью упругих элементов.

Некоторые производители, например фирма KONI, изготавливает амортизаторы, в которых можно регулировать вручную перепускной клапан. Такую регулировку необходимо производить перед установкой амортизатора на автомобиль для получения необходимой эффективности. Существуют амортизаторы (рис. 4.35), в которые встроены электромагнитные



Рис. 4.35. **Регулируемые амортизаторы**

клапаны, изменяющие проходные сечения отверстий, через которые проходит жидкость. При наличии амортизаторов такого типа, водитель может изменять характеристики подвески при движении автомобиля, переключая режимы («спорт», «комфорт» и т. д.).

Совершенно другой принцип был предложен поставщиком автомобильных систем Delphi в его конструкции Magneride. В ней используется свойство некоторых вязких жидкостей быть чувствительными к воздействию электромагнитных полей; вязкость жидкости увеличивается с усилением поля, молекулы выстраиваются в цепочки и создают большее сопротивление. Компания Delphi продемонстрировала автомобили, оборудованные амортизаторами, где обычные отверстия заменены узкими проходами, в которых жидкость протекает между электромагнитными катушками. Система Magneride имеет огромное преимущество, заключающееся в том, что вязкость жидкости, а следовательно, и степень демпфирования могут изменяться в зависимости от изменения напряженности электромагнитного поля, которая управляется микропроцессором. Ожидается, что подобные амортизаторы (рис. 4.36) скоро появятся в серийном производстве.



Рис. 4.36. **Амортизаторы Magneride фирмы Delphi изменяют гасящие свойства при намагничивании специальной жидкости**

ЭЛЕМЕНТЫ КРЕПЛЕНИЯ ПОДВЕСОК

Детали подвески автомобиля соединяются с кузовом или рамой с помощью эластичных элементов. Эластичные устройства дают возможность существенно снизить уровень вибраций, передаваемый на кузов автомобиля от дороги, и уменьшить тем самым уровень шума в салоне. В то же время жесткость эластичных элементов крепления подвески оказывает влияние на кинематику подвески.

В последние годы получила распространение практика, когда подвеска крепится с помощью резиновых втулок не непосредственно к кузову, а устанавливается на отдельном жестком подрамнике, который, в свою очередь, крепится к кузову через эластичные элементы. При этом обеспечивается двойная виброизоляция и существенно снижается уровень вибраций, передающихся на кузов автомобиля. Применение подрамников также упрощает технологию сборки автомобиля.

Материал и конструкция крепежных элементов также претерпели значительные изменения. Эластичные втулки изготавливают путем комбинации различных материалов, придания им определенной формы и иногда заполняя их специальными капсулами с вязкой жидкостью. Такие элементы могут гасить определенные частоты вибраций, а обеспечение различной жесткости втулок в разных направлениях дает возможность создавать подвески с «пассивным» управлением, когда силы, действующие в подвеске на повороте, обеспечивают заданное перемещение колес, улучшая тем самым управляемость автомобиля.

В последнее время на дорогих автомобилях начинают применять более сложные устройства с электронным управлением, которые позволяют отфильтровать бóльшую часть вибраций и шумов.

ПОДВЕСКИ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В зависимости от конструкции направляющего устройства, которое определяет характер перемещения колес относительно кузова, подвески подразделяются на зависимые и независимые.

Основные конструкции подвесок представлены на рис. 4.37.

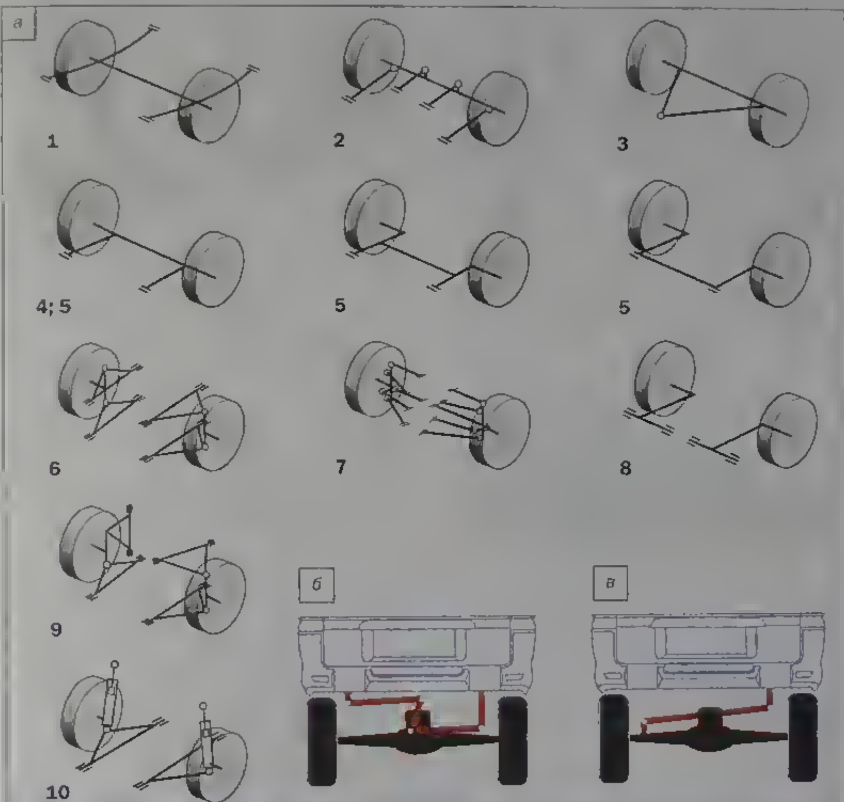
Зависимые подвески имеют жесткую балку, с помощью которой соединяются левое и правое колеса. Образующийся таким образом мост автомобиля называют неразрезным. Перемещение одного из колес зависимой подвески в поперечной плоскости передается другому. Независимая подвеска отличается тем, что колеса одной оси не имеют между собой непосредственной связи и могут перемещаться независимо друг от друга.

Зависимые подвески, в которых два колеса соединяются жесткой балкой, практически перестали применяться в конструкциях современных легковых автомобилей. Они еще встречаются на малотоннажных грузовых, развозных автомобилях и на некоторых внедорожниках, поскольку несмотря на большие неподрессоренные массы, они обладают такими преимуществами, существенными для подобных автомобилей, как постоянство дорожного просвета под осями и высокой надежностью.

Из большого многообразия применявшихся в различное время независимых подвесок в конструкциях современных легковых автомобилей в основном используются всего пять. Это подвеска на двойных рычагах, подвеска Мак-Ферсон (McPherson), на продольных рычагах, торсионная балка и многозвенная подвеска (Multilink). Строго говоря, подвеска с торсионной балкой не является полностью независимой, поскольку большие перемещения одного из колес, вызывают перемещения другого. Подвески с торсионной балкой и подвески на продольных рычагах используются в качестве задних подвесок легковых автомобилей, в то время как остальные три типа могут использоваться как на передней, так и на задней оси.

ПОДВЕСКИ НА ДВОЙНЫХ РЫЧАГАХ

Подвеска на двойных рычагах, представляет собой классическую независимую подвеску, состоящую из двух рычагов, расположенных друг над другом, раздвоенные стороны которых крепятся к кузову, а противоположные концы с помощью шарниров к верхней и нижней частям поворотной цапфы (рис. 4.38). Таким образом, ступица переднего колеса может поворачиваться вокруг двух шарниров при повороте. Конструктивно только один из рычагов может иметь вильчатую форму, другой может быть одинарным (рис. 4.39).



Название подвески	Тип подвески	Виды упругих эл-тов				Применение на осях				Применение на автомобилях
		пружина	рессора	торсион	гидропнев-моэлемент	задняя ведущая	задняя ведомая	передняя ведущая	передняя ведомая	
1 На продольных рессорах с поперечной балкой	З	—	+	—	—	+	+	+	+	Легковые, внедор., грузовые
2 На продольных тягах с поперечной балкой	З	+	+	—	+	+	+	+	+	Легковые, внедор., грузовые
3 Подвеска с дышлом	З	+	—	—	+	+	+	—	—	Легковые, внедор., грузовые
4 На продольн. рыч-х, нагруженных на изгиб	З	+	—	—	+	+	+	+	—	Легковые, внедор.
5 Со связанными рычагами (торсион. балка)	*	+	—	+	+	—	+	—	—	Легковые
6 На двойных поперечных рычагах	Н	+	**	+	+	+	+	+	+	Легкие груз., внедор., легковые
7 На пространственных рычагах и тягах	Н	+	—	+	+	+	+	+	+	Легковые
8 На продольных рычагах	Н	+	—	+	+	+	+	—	—	Легковые
9 На косых рычагах	Н	+	—	+	+	+	+	—	—	Легковые
10 Направляющая стойка (типа Мак Ферсон)	Н	+	—	+	+	+	+	+	+	Легковые

Примечания

З — зависимая подвеска, Н — независимая повеска.

* Характеристики подвески меняются от зависимой до независимой при разных расположениях торсионной балки

** Поперечная рессора (выполняет функции нижних рычагов)

Рис. 4.37. **Основные конструкции подвесок (а), механизм Уатта (б), тяга Панара (в)**



Рис. 4.38. **Схема подвески на двойных рычагах**

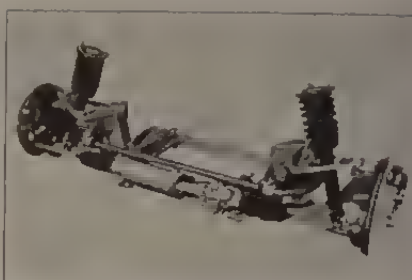


Рис. 4.39. **Подвеска на двойных рычагах**



Рис. 4.40. **Схема торможения автомобиля с подвеской на двойных рычагах. Наклон рычагов подвески дает возможность избежать «клевков» кузова при торможении**



Рис. 4.41. **Передняя подвеска автомобиля Jaguar S-type имеет двойные поперечные рычаги и очень длинный рычаг поворотной цапфы. Такая конструкция обеспечивает большое пространство для размещения агрегатов под капотом автомобиля**

Если рычаги такой подвески будут иметь одинаковую длину, то при вертикальных перемещениях колеса его развал не будет изменяться. Однако при крене кузова на повороте внешнее, более нагруженное, колесо, будет наклоняться под углом, равным углу крена, а это может привести к нарушению устойчивости. Поэтому обычно верхний рычаг делают короче нижнего. При такой конструкции подвески вертикальное перемещение колеса изменяет угол развала, но при поворотах повышается устойчивость, потому что более нагруженное колесо располагается вертикально к дорожной поверхности и имеет лучшее сцепление с дорогой.

Подвески на двойных рычагах современных автомобилей имеют не только разную длину рычагов, но и наклон рычагов в горизонтальной плоскости (рис. 4.40).

Подвеска с такой геометрией дает возможность избежать «клевков» кузова при торможении и интенсивном разгоне. Обычно с этой целью наклоняют оси, с помощью которых осуществляется крепление подвески к кузову и относительно которых поворачиваются рычаги.

К недостаткам такого типа подвески следует отнести то, что она занимает довольно много места по ширине автомобиля, а это создает определенные сложности в размещении поперечно расположенного силового агрегата. Сейчас многие конструкторы используют в таких подвесках поворотные цапфы с большой длиной верхнего рычага (больше радиуса колеса), что позволяет увеличить пространство для размещения двигателя и коробки передач (рис. 4.41).

В последнее время все чаще вместо раздвоенных нижних рычагов используются рычаги L-образной формы. Более длинная часть такого рычага крепится к кузову через эластичные втулки, обладающие хорошей демпфирующей способностью, что дает возможность эффективно гасить вибрации, передающиеся на кузов, и в то же время не происходит существенного изменения положения колеса.

В качестве упругих элементов подвесок на двойных рычагах могут применяться пружины, торсионы, пневматические и гидропневматические устройства.

ПОДВЕСКА МАК-ФЕРСОН

Подвеска Мак-Ферсон (McPherson), основным элементом которой служит амортизаторная стойка, является развитием подвески на двойных поперечных рычагах, но имеет только снизу один или два поперечных рычага (рис. 4.42).

Снизу амортизаторная стойка крепится к поворотному кулаку (рис. 4.43), а сверху — к брызговику кузова автомобиля.

При повороте управляемых колес амортизаторная стойка поворачивается вместе с закрепленной на ней пружиной, что требует применения в верхней опоре подшипника качения или скольжения с низким значением трения. Винтовые пружины, расположенные вокруг амортизаторной стойки, обычно устанавливаются под некоторым углом к ее оси. Такой способ установки обеспечивает снижение величины «пороговой жесткости» подвески, когда сначала при небольших вертикальных усилиях со стороны колеса не происходит сжатия пружины, а затем она сжимается довольно резко. Это позволяет устранить неприятные ощущения при движении по относительно ровным дорогам. Подвеска Мак-Ферсон обеспечивает незначительное, по сравнению с подвеской на двойных рычагах, изменение развала колес при их вертикальном перемещении.

К основным преимуществам подвески Мак-Ферсон следует отнести то, что она занимает небольшой объем и создает удобства при поперечном размещении силового агрегата, что обусловило ее широкое применение.

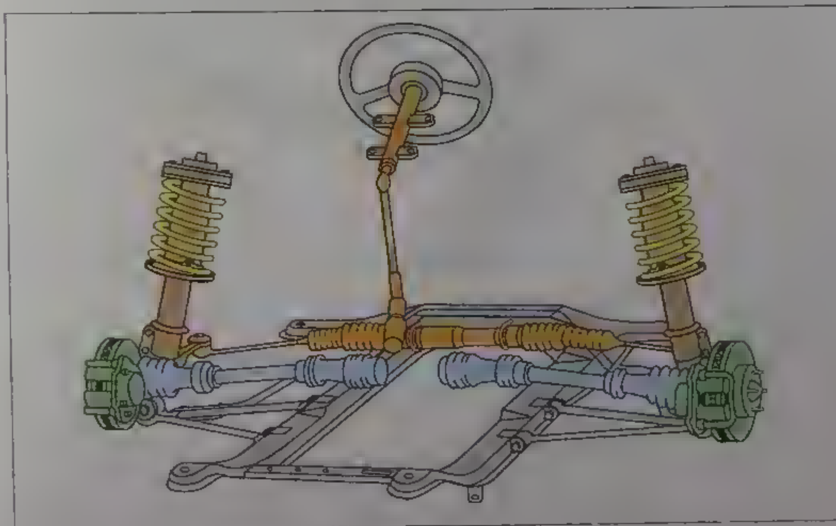


Рис. 4.42. **Схема подвески Мак-Ферсон**

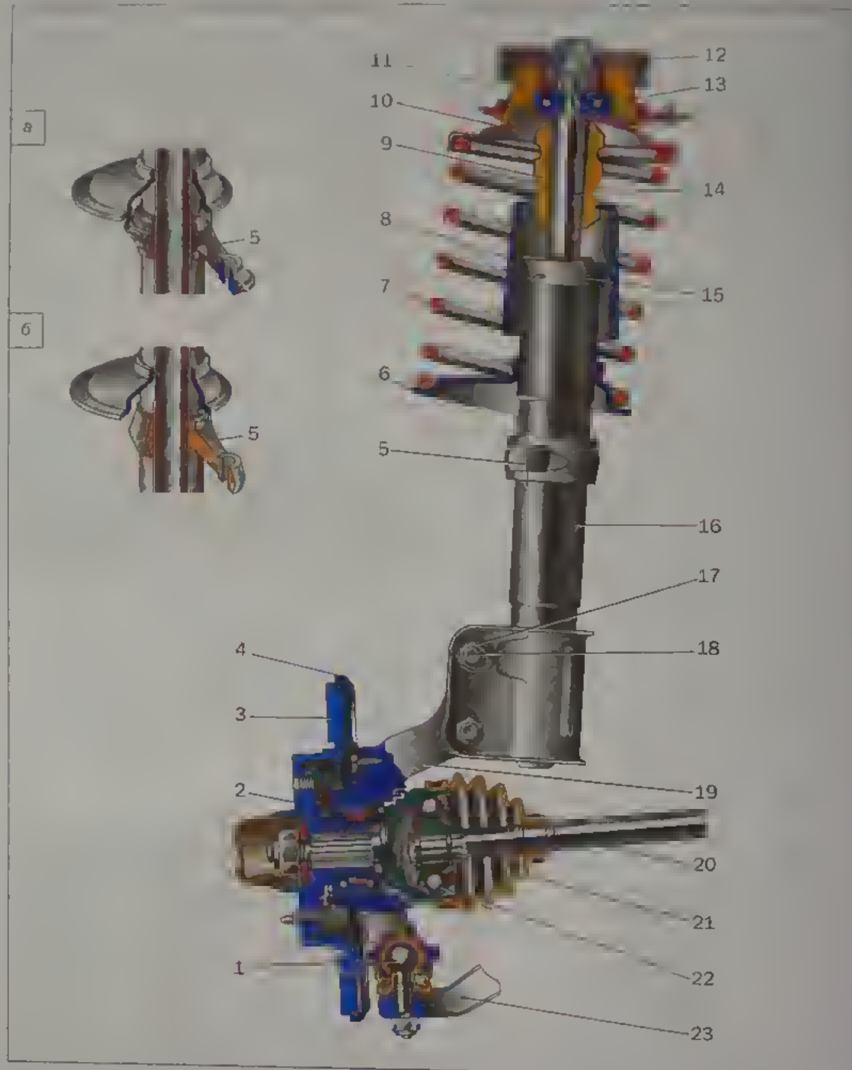


Рис. 4.43. **Передняя подвеска автомобиля ВАЗ-2109:** 1 — шаровая опора; 2 — ступица; 3 — тормозной диск; 4 — защитный кожух; 5 — поворотный кулак; 6 — нижняя опорная чашка; 7 — пружина подвески; 8 — защитный кожух; 9 — буфер сжатия; 10 — верхняя опорная чашка; 11 — резиновый элемент верхней опоры; 12 — защитный колпак; 13 — подшипник верхней опоры; 14 — шток; 15 — опора буфера сжатия; 16 — телескопическая стойка; 17 — гайка; 18 — эксцентриковый болт; 19 — поворотный кулак; 20 — вал привода переднего колеса, 21 — защитный чехол шарнира; 22 — наружный шарнир вала; 23 — нижний рычаг; **а — стойка с полым поворотным рычагом; б — стойка с цельнометаллическим поворотным рычагом**



Рис. 4.44. **Схема подвески на продольных рычагах**

МНОГОЗВЕННЫЕ ПОДВЕСКИ

Многозвенными называются подвески, у которых поворотный кулак или ступица колеса соединяются с кузовом не менее, чем четырьмя звеньями. Если у подвески с двойными поперечными рычагами разделить эти рычаги на отдельные, то получится простейшая многозвенная подвеска. Впервые настоящую многозвенную переднюю подвеску применила фирма Audi в 1995 г. на автомобиле Audi A4. Два нижних алюминиевых рычага крепились к подрамнику через резиновые втулки, а к поворотному рычагу — через один шаровой шарнир. Верхние рычаги крепились к кулаку через отдельные шарниры, а к кузову через втулки. Такая конструкция позволила улучшить характеристики управляемости и устойчивости автомобиля, по сравнению с подвеской на двойных рычагах.

Изменение формы рычагов многозвенной подвески дает возможность не только варьировать пространство для размещения агрегатов автомобиля или интерьер салона, но и задавать желаемые характеристики изменения развала или колеи колес при движении. Процесс расчета и трехмерного проектирования качественных многозвенных подвесок не может обойтись без применения современных компьютеров и программ. В настоящее время многие ведущие производители автомобилей используют в своих конструкциях такие типы подвесок (см. рис. 4.25).

ПОДВЕСКИ НА ПРОДОЛЬНЫХ РЫЧАГАХ

Независимая подвеска на продольных рычагах (рис. 4.44) получается простым присоединением колеса к рычагу, расположенному вдоль продольной оси автомобиля и шарнирно закрепленному к кузову или подрамнику другим концом.

В качестве подрамника часто используется поперечная балка, прикрепленная к кузову. Балку можно выполнить в виде трубы, в которой проходит торсион, являющийся упругим элементом подвески. Подвеска получается простой и компактной и, кроме того, эффективно воспринимает боковые усилия. Она часто применяется в качестве задней подвески небольших автомобилей (рис. 4.45). При размещении подвески под полом сохраняется внутреннее пространство багажника.

При работе подвески с продольными рычагами колеса перемещаются параллельно друг другу и практически не происходит изменения угла развала. При прохождении поворотов, колеса наклоняются под углом, равным крену кузова. Такой наклон приводит к некоторому уменьшению силы сцепления колес с дорогой.



Рис. 4.45. **Автомобиль Peugeot 206 с независимой торсионной задней подвеской на продольных рычагах**

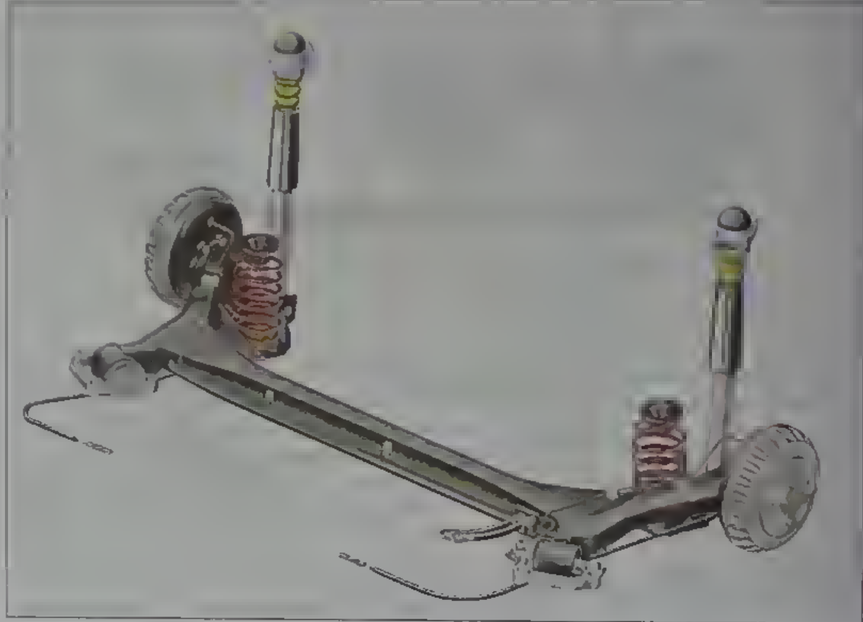


Рис. 4.46. **Задняя подвеска автомобиля Audi A2 с торсионной балкой**

ПОДВЕСКИ С ТОРСИОННОЙ БАЛКОЙ

Подвеска с торсионной балкой (рис. 4.46) весьма похожа на подвеску на продольных рычагах, с тем отличием, что рычаги не соединяются шарнирно с балкой, а составляют с ней единое целое. Балка крепится к кузову не жестко, а шарнирно (обычно через эластичные втулки). Балка представляет собой полую конструкцию, жесткую на изгиб, но податливую на кручение, что позволяет колесам двигаться вверх и вниз, независимо друг от друга. При этом жесткость балки в поперечном направлении должна быть достаточной, чтобы расстояние между колесами было постоянным. В качестве основного упругого элемента в таких подвесках чаще всего используются пружины.

Подвеска с торсионной балкой, появившаяся в 1970-е гг., сейчас широко применяется в качестве задней подвески на большинстве переднеприводных автомобилей малого и среднего классов.

Подвеска с торсионной балкой занимает промежуточное положение между зависимыми и независимыми подвесками. К преимуществам такой подвески следует отнести невысокую стоимость и удобство монтажа в процессе производства.

РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПОДВЕСКИ

Кузов автомобиля с обычной подвеской опускается по мере загруженности автомобиля. При этом упругие элементы подвески сжимаются и работают в таком состоянии, что снижает плавность хода. Кроме того изменяется положение фар и может нарушиться управляемость автомобиля. Для того, чтобы поддерживать уровень пола кузова постоянным, независимо от загрузки автомобиля, в конструкции подвески часто используют пневматические упругие элементы, которые подкачиваются воздухом от специального компрессора. Системы регулировки уровня пола кузова обычно устанавливаются на дорогие и большие модели для исключения возможности проседания загруженного автомобиля.

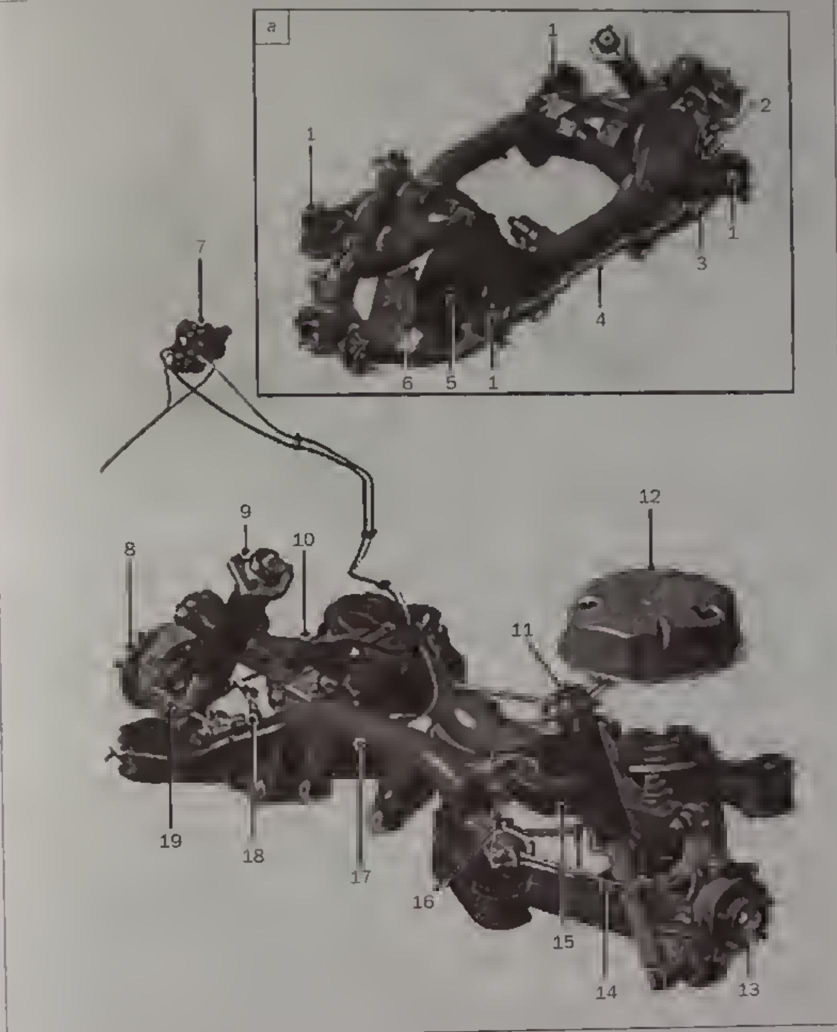


Рис. 4.47. **Задняя пневматическая подвеска автомобиля New Range Rover: а — вид сзади; б — вид спереди;** 1 — крепления подрамника; 2 — правый пневмобаллон; 3 — правый нижний двойной рычаг; 4 — стабилизатор поперечной устойчивости; 5 — левый пневмобаллон; 6 — левый нижний двойной рычаг; 7 — задний соединительный клапан; 8 — правая задняя ступица; 9 — правый амортизатор; 10 — правый верхний двойной рычаг; 11 — левый амортизатор; 12 — компрессор; 13 — левая задняя ступица; 14 — левый рычаг; 15 — левый верхний двойной рычаг; 16 — левый задний датчик высоты; 17 — задний подрамник; 18 — правый задний датчик высоты; 19 — правый рычаг

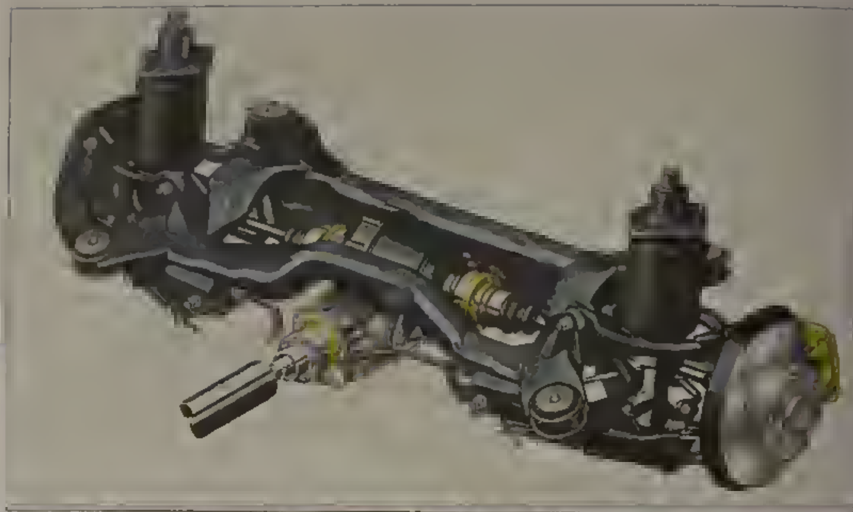


Рис. 4.48. Задняя подвеска автомобиля Audi Allroad. В качестве упругих элементов используются пневматические элементы рукавиого типа

Системы выравнивания кузова применяют двух видов. Они могут срабатывать сравнительно медленно, особенно для регулировки статического положения в зависимости от нагрузки, или достаточно быстро для реагирования на переходные процессы во время движения. Простейшие, медленно работающие системы, управляются водителем и сжатый воздух в них поступает от электроприводного компрессора через клапан, с помощью которого можно подначать систему или сбросить в ней давление. Более дорогие и сложные устройства работают полностью автоматически, и при этом используются датчики высоты кузова, устройства для регулировки высоты и источнин энергии для проведения регулировки.

Автомобиль New Range Rover имеет переднюю и заднюю пневматические подвесни (рис. 4.47), снабжающиеся сжатым воздухом от небольшого компрессора с электроприводом. Каждое колесо оборудовано датчином высоты над уровнем дороги. Работой подвески управляет специальный микропроцессор с помощью системы клапанов.

Такая конструкция подвески не только обеспечивает постоянство уровня кузова независимо от загрузни автомобиля, но и автоматичесни изменяет дорожный просвет в зависимости от скорости движения автомобиля. Микропроцессор также управляет давлением воздуха в отдельных пневматических элементах подвески, улучшая поведение автомобиля на различных дорогах.

В настоящее время пневматические подвески с интегрированным регулированием устанавливаются на некоторых автомобилях Mercedes, Audi (рис. 4.48) и др.

АКТИВНЫЕ ПОДВЕСКИ

Поддержание постоянства уровня кузова обеспечивают не только пневматические, но и гидропневматические подвески. В течение многих лет фирма Citroën оборудовала свои автомобили гидропневматической подвесной для обеспечения постоянного уровня пола нузова и изменения дорожного просвета по желанию водителя. Сейчас многие фирмы занимаются разработкой активной подвески. В идеале активная подвеска обеспечивает с одной стороны возможность перемещения нолес по траекториям, копирующим дорожные неровно-

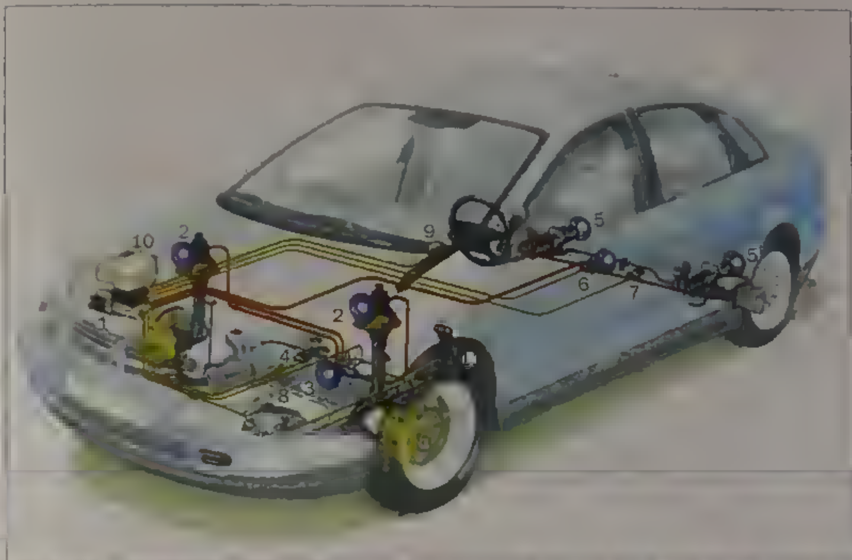


Рис. 4.49. **Гидропиевматическя подвеска Hydroactive автомобиля Citroёп С5 может кзменять степеиь жесткости и коэффициент демпфироваиия в соответствии с условиями движеиия:** 1 — интегрированный узел гидротроник; 2 — стойки передней подвески; 3 — передний регулятор жесткости; 4 — передний электронный датчик положения; 5 — задние гидропневматические цилиндры; 6 — задний регулятор жесткости; 7 — задний электронный датчик положения; 8 — блок управления; 9 — датчик положения рулевого колеса; 10 — резервуар для жидкости гидросистемы; 11 — педали «газа» и тормоза

сти, а с другой — сохраняет уровень пола кузова. Проблема состоит в том, что для работы такой подвески необходимо заранее оценивать наличие и величину неровностей перед автомобилем, потому что любая механическая система характеризуется запаздыванием своего срабатывания. Существующие на сегодняшний день экспериментальные системы обеспечивают постоянную оценку нагрузки, приходящейся на каждое колесо, и при ее увеличении (например, когда колесо наезжает на препятствие) гидравлический цилиндр приподнимает колесо, а при уменьшении нагрузки опускает. Гидравлические системы, используемые в таких подвесках, требуют большой мощности привода (около 10 кВт) и не могут быть рекомендованы для широкого применения, по крайней мере в настоящее время. Кроме того, прецизионные гидравлические узлы стоят дорого, а при выходе их из строя подвеска полностью теряет работоспособность.

Фирма Citroёn при создании системы Hydractive пошла по другому пути, внеся изменения в свою гидропневматическую подвеску (рис. 4.49).

Подвеска была дополнена двумя гидропневматическими упругими элементами, включенными в контуры управления передней и задней подвесок, системой клапанов, управляемых микропроцессором, который может изменять как жесткость упругих элементов, так и амортизирующие свойства (путем изменения проходных сечений клапанов).

Фирма Citroёn разработала также систему Activa, в которой используются два гидравлических цилиндра, расположенных по диагонали в противоположных «углах» автомобиля между кузовом и подвеской. Система высокого давления ограничивает крен кузова до 0.5°, что

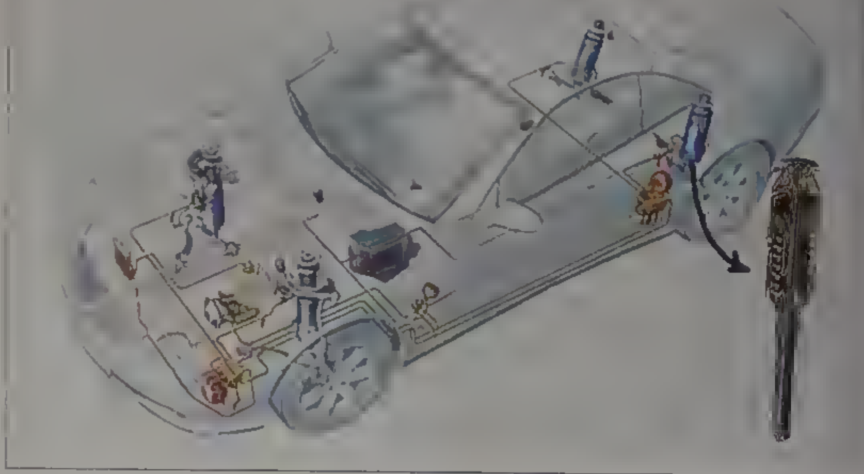


Рис. 4.50. **Активная подвеска автомобиля Mercedes**

для водителя вообще неощутимо. Запас в 0,5° достаточен для предотвращения рыскания автомобиля, обеспечивая, практически вертикальное положение кузова, когда автомобиль движется на повороте. Это гарантирует вертикальное положение колес и хорошую устойчивость.

В 1999 г. компания Mercedes создала систему ABC (Active Body Control — активный контроль положения кузова). Основными элементами подвески (рис. 4.50) в этой системе являются специальные амортизаторные стойки, в которых пружина находится в цилиндре, и на пружину может воздействовать поршень, перемещаемый давлением жидкости от гидравлического насоса и двух гидроаккумуляторов.

Гидравлическая система работает параллельно с пружиной и обычным амортизатором, поэтому при выходе из строя этой системы сохраняется возможность движения автомобиля. Система ABC не устраняет полностью колебаний кузова, но ограничивает их частоту. Потребление дополнительной энергии ограничено до 3 кВт. Управление подвеской осуществляется с помощью двух микропроцессоров, получающих сигналы от 13 датчиков. Такая подвеска позволяет отказаться от стабилизаторов поперечной устойчивости, а изменение жесткости упругих элементов дает возможность значительно ограничивать крен кузова, что положительно влияет на устойчивость и управляемость автомобиля.

ОСОБЕННОСТИ ПОДВЕСОК ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В конструкции большинства грузовых автомобилей, прицепов и автобусов применяются зависимые подвески на продольных полуэллиптических листовых рессорах (рис. 4.51). В грузовых автомобилях и автобусах нагрузка на задний мост может меняться в значительных пределах в зависимости от массы перевозимого груза и количества пассажиров. Поэтому рессорная подвеска заднего моста, помимо основной рессоры, содержит дополнительную — подрессорник. Основная рессора средней частью крепится с помощью специальных

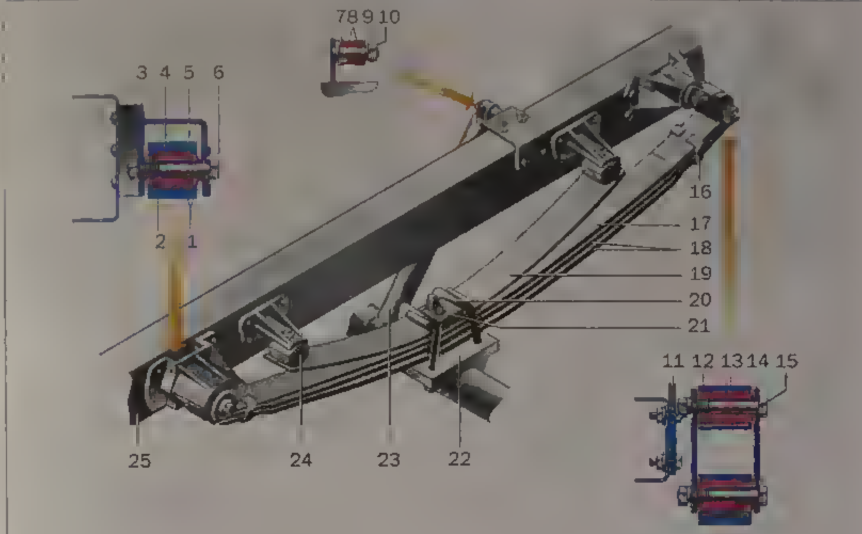


Рис. 4.51. **Задняя рессорная подвеска грузового автомобиля**: 1 — ушко рессоры; 2 — резиновая втулка; 3 — кронштейн; 4 — втулка; 5 — болт; 6 — шайба; 7 — палец; 8 — резиновые втулки; 9 — шайба пружинная; 10 — гайка; 11 — кронштейн; 12 — втулка резиновая; 13 — втулка; 14 — пластина серьги; 15 — болт; 16 — хомут; 17 — коренной лист; 18 — листы рессоры; 19 — дополнительная рессора; 20 — стремянка; 21 — накладка; 22 — задний мост; 23 — амортизатор; 24 — резиновая подушка; 25 — лонжерон рамы

хомутов — стремянок — к балке моста. Концы рессоры крепятся к раме автомобиля посредством специальных кронштейнов. Поскольку длина рессоры при ее прогибе изменяется, один из концов рессоры должен иметь возможность продольного перемещения относительно рамы. С этой целью применяют специальные кронштейны с качающейся серьгой, скользящие и эластичные опоры.

Подрессорник имеет меньшее число листов, чем основная рессора. В средней части он также крепится к балке моста, обычно сверху основной рессоры, а его концы не крепятся к раме. На раме, напротив плоских концов подрессорника, устанавливают упорные кронштейны. Когда автомобиль не нагружен, работает только основная рессора. При определенной нагрузке основная рессора прогибается так, что концы подрессорника упираются в кронштейны, и рессоры начинают работать совместно. При этом суммарная жесткость подвески увеличивается.

В подвеске современных грузовых автомобилей, прицепов, полуприцепов и автобусов часто применяется пневматическая подвеска. Пневмоподвеска легче рессорной, обеспечивает более высокую плавность хода и дает возможность регулировать расстояние от грузовой платформы или пола кузова до поверхности дороги. Это особенно важно для грузовых автомобилей, где необходимо облегчить процесс погрузки-разгрузки автомобиля у пандусов, складских помещений и т. п. Некоторые автомобили имеют специальные пульты управления для регулировки высоты грузовой платформы при нахождении водителя вне автомобиля. Пневматическая подвеска автобусов (рис. 4.52) обеспечивает постоянство уровня пола вне зависимости от количества пассажиров, что увеличивает комфорт и безопасность при их посадке и высадке. Конструкция пневматических подвесок некоторых автобусов дает возможность дополнительно понижать уровень пола на остановках.



Рис. 4.52. **Пневматическая подвеска автобуса**



Рис. 4.53. **Балансирная подвеска**

Если соседние мосты многоосного грузового автомобиля, прицепа или полуприцепа расположены близко друг от друга, может применяться балансирная подвеска (рис. 4.53). При таких подвесках мосты качаются на соединенных с ними и с рессорами балансирных рычагах. При этом рессоры воспринимают только силу тяжести автомобиля, а тяговая и тормозная силы, а также реактивный и тормозной моменты передаются толкающими и реактивными штангами. Соседние мосты опираются на концы общих рессор, а рессоры средней частью крепятся к ступицам, которые могут поворачиваться относительно оси балансира закрепленной на раме.

§ 28

МОСТЫ

Мосты автомобиля служат для поддержания рамы и кузова и передачи от них на колеса вертикальной нагрузки, а также для передачи от колес на раму (кузов) толкающих, тормозных и боковых усилий.

На рис. 4.54 приведена классификация мостов.

В зависимости от типа устанавливаемых колес мосты подразделяются на ведущие, управляемые, комбинированные (ведущие и управляемые одновременно) и поддерживающие.

Ведущий мост (рис. 4.55) предназначен для передачи на раму (кузов) толкающих усилий от ведущих колес, а при торможении — тормозных усилий.

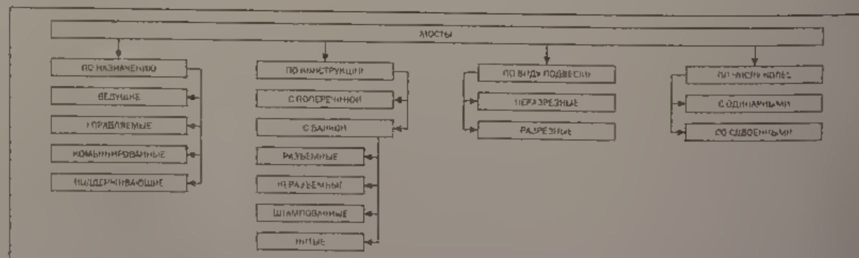


Рис. 4.54. **Классификация мостов автомобиля**

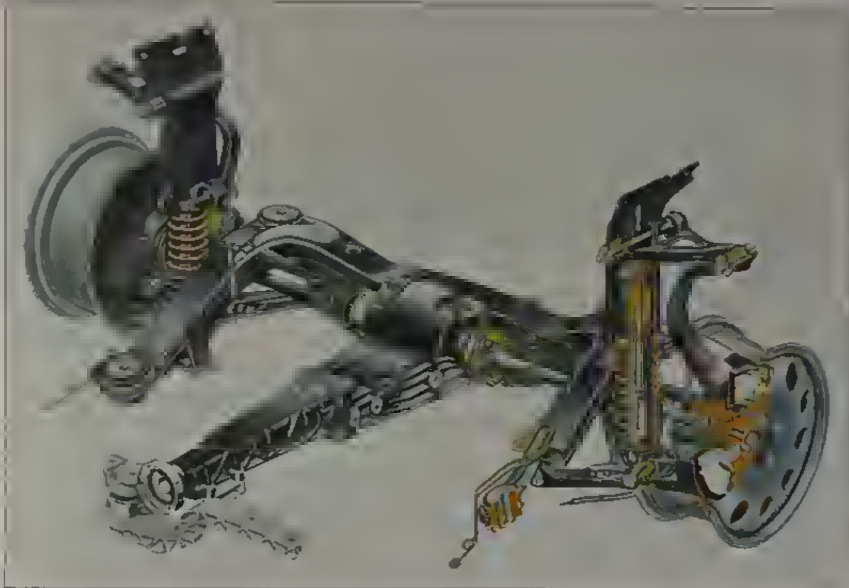


Рис. 4.55. **Ведущий передний мост автомобиля 4x4**

Ведущий мост при зависимой подвеске представляет собой жесткую пустотелую балку, на концах которой на подшипниках установлены ступицы ведущих колес, а внутри размещены главная передача, дифференциал и полуоси.

Ведущий мост при независимой подвеске выполняется разрезным, при этом картер главной передачи закрепляется на раме, а полуоси выполняются качающимися.

Балки неразрезных мостов (зависимая подвеска) выполняются разъемными и неразъемными, а по способу изготовления — штампованными или литыми. Разъемная балка имеет поперечный разъем по картеру главной передачи и состоит из двух частей, соединенных болтами.

Картер разъемного ведущего моста обычно отливают из ковкого чугуна. Картер состоит из двух соединенных между собой частей, имеющих разъем в продольной вертикальной плоскости. Обе части картера имеют горловины, в которых запрессованы и закреплены стальные трубчатые кожухи полуосей. К ним приварены опорные площадки упругих элементов и фланцы для крепления опорных дисков колесных тормозных механизмов. Разъемные ведущие мосты применяются на легковых автомобилях, а также на грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности.

Картер неразъемного штамповочно-сварного ведущего моста (типа банджо) выполняется в виде цельной балки с развитой центральной частью в форме кольца. Балка имеет трубчатое сечение и состоит из двух штампованных стальных половин, сваренных в продольной плоскости. Средняя часть балки моста предназначена для установки картера главной передачи и дифференциала. К балке моста приварены опорные чашки пружин подвески, фланцы для крепления опорных дисков тормозных механизмов и кронштейны крепления деталей подвески. Неразъемные штамповочно-сварные ведущие мосты получили распространение на легковых автомобилях и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности. Эти мосты при необходимой прочности и жесткости по сравнению с неразъемными мостами имеют меньшие массу и стоимость изготовления, а также они удобнее при ремонте и регулировке главной передачи.

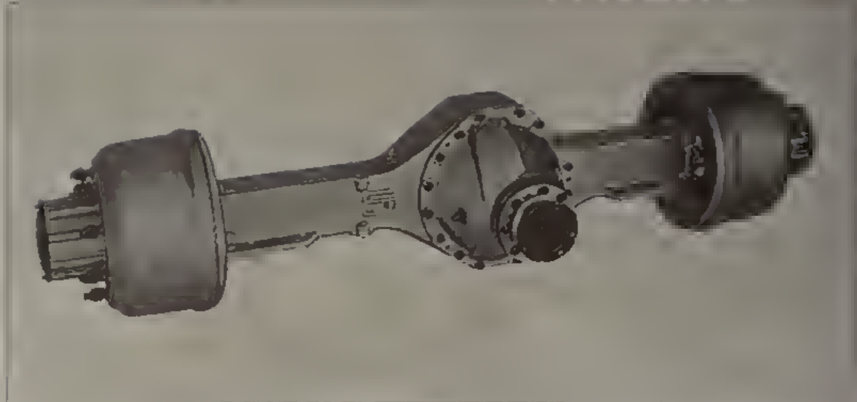


Рис. 4.56. **Неразъемный мост грузового автомобиля**

Неразъемный литой ведущий мост (рис.4.56) изготавливают из ковкого чугуна или стали.

Балка моста имеет прямоугольное сечение. В полуосевые рукава запрессовываются трубы из легированной стали, на концах которых устанавливают ступицы колес. Фланцы предназначены для крепления опорных дисков тормозных механизмов. Неразъемные литые ведущие мосты получили применение на грузовых автомобилях большой грузоподъемности. Такие мосты обладают высокой жесткостью и прочностью, но имеют большую массу и габариты.

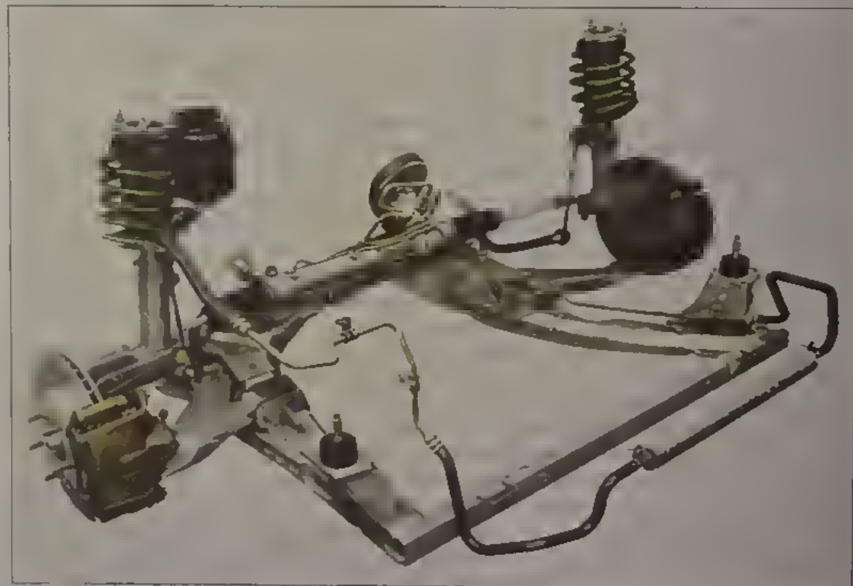


Рис. 4.57. **Управляемый мост**

Неразъемные ведущие мосты более удобны в обслуживании, чем разъемные, т. к. для доступа к главной передаче и дифференциалу не требуется снимать мост с автомобиля.

Управляемый (обычно передний) **мост** (рис. 4.57) представляет собой балку, в которой на шарнирах установлены поворотные цапфы и соединительные элементы. Основой управляемого моста может служить жесткая штампованная балка или подрамник.

Комбинированый мост (рис. 4.58) выполняет функции ведущего и управляемого мостов, применяется, как правило, в качестве передних мостов переднеприводных легковых автомобилей на полноприводных автомобилях или, реже, в качестве промежуточных и задних мостов. К полуосевому кожуху комбинированного моста прикрепляют шаровую опору, на которой имеются шкворневые пальцы. На последних устанавливают поворотные кулаки (цапфы). Внутри шаровых опор и поворотных кулаков находится карданный шарнир (равных угловых скоростей), через который осуществляется привод на ведущие и управляемые колеса.

Поддерживающий мост предназначен только для передачи вертикальной нагрузки и тормозных усилий от рамы (кузова) к колесам автомобиля. Он представляет собой балку, по концам которой на подшипниках установлены ступицы колес. Поддерживающие мосты применяют на прицепах и полуприцепах, а также на переднеприводных легковых автомобилях (см. рис. 4.46).

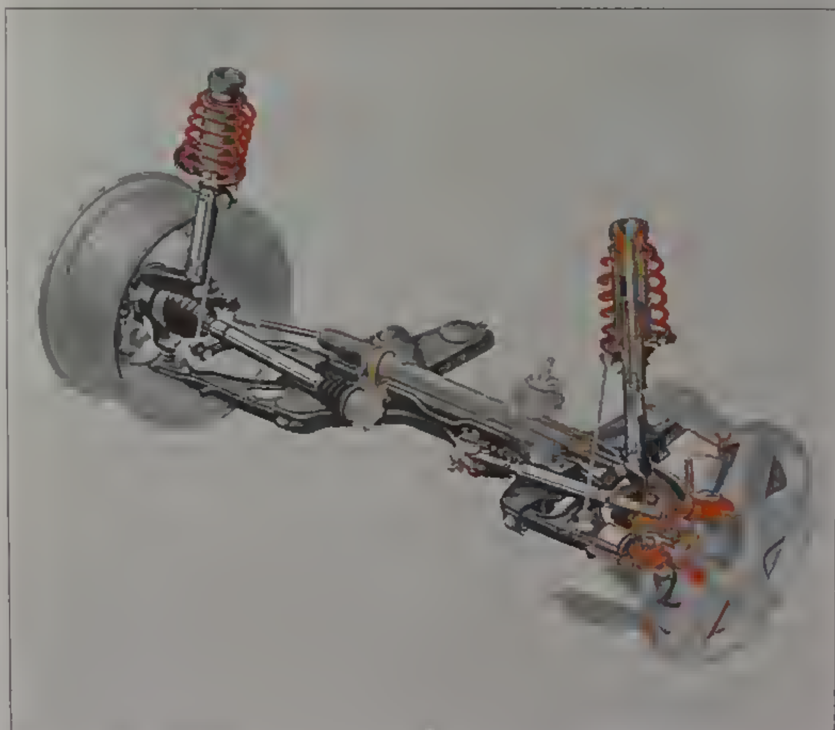


Рис.4.58. **Комбинированный мост**

ГЛАВА 5

Рулевое управление

Рулевое управление является одной из важнейших систем управления автомобилем, используется водителем постоянно при движении, оказывает существенное влияние на безопасность движения и утомляемость водителя. Основное назначение рулевого управления — обеспечивать изменение направления движения.

§ 29

НАЗНАЧЕНИЕ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ. СПОСОБЫ ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЯ

Поскольку орган управления — рулевое колесо — постоянно находится в руках водителя, оно на современных автомобилях выполняет также информационную функцию — по усилиям, вибрациям на рулевом колесе происходит передача водителю информации о состоянии дорожного покрытия, нагруженности контакта колес с дорогой.

Рулевое управление автомобиля должно обеспечивать ощущаемую водителем связь между углом поворота рулевого колеса и направлением движения автомобиля, обладать высокой надежностью. Усилия, необходимые для управления, не должны приводить к повышенной утомляемости водителя и в тоже время должны информировать его о состоянии контакта управляемых колес с дорогой (обеспечивать «чувство дороги»). От рулевого управления зависит минимальный радиус поворота автомобиля на ограниченных площадях. Конструкция рулевого управления не должна передавать ударные нагрузки от неровностей дороги на руки водителя.

Все перечисленные выше требования учитываются при проектировании рулевого управления.

Изменить направление движения автомобиля можно двумя различными способами: за счет поворота колес или звеньев автомобиля в горизонтальной плоскости (кинематический способ) или за счет создания на колесах правого и левого борта различных по величине или по направлению продольных сил (силовой способ) (рис. 5.1г).

Для управления большинством современных автомобилей применяется кинематический способ, который может быть реализован путем:
— поворота управляемой оси (рис. 5.1а);
— поворота управляемых колес (рис. 5.1б);
— поворота сочлененных звеньев (складывания рамы) (рис. 5.1в).



Рис. 5.1. **Способы поворота колесной машины: а — за счет поворота оси; б — за счет поворота управляемых колес; в — складыванием рамы; г — силовым способом**

Поворот управляемой оси — это наиболее старый из известных способов управления. Он применялся еще на двухосных гужевых повозках. При таком способе ось с колесами поворачивалась относительно шкворня, установленного в центре повозки. Система управления получалась очень простой, но требовала сильного сужения передней части кузова для перекатывания управляемых колес, не обеспечивала демпфирования ударов от неровностей дороги на органы управления и при предельных углах поворота оси возникала опасность бокового опрокидывания из-за уменьшения площади опоры автомобиля.

Для частичного устранения указанных недостатков пытались заменить управляемую ось одним колесом, установленным по центру автомобиля (например, автомобиль К. Бенца (см. рис. 1.2). В настоящее время такая схема поворота осталась на двух- и трехколесных транспортных средствах. Поворот управляемой оси сегодня применяется только на прицепах.

Принцип управления за счет поворота сочлененных звеньев применяется в случае, когда колеса транспортного средства имеют большие размеры и поворот каждого из них затруднен. Несущая система транспортного средства состоит из двух частей, к каждой из которой присоединена передняя и задняя оси. Обе части соединены друг с другом подвижно с помощью вертикального шкворня. Относительный поворот частей («складывание» рамы или иной несущей системы) происходит с помощью гидравлических цилиндров рулевого управления. К недостаткам данной схемы относится низкая точность управления при высоких скоростях, трудность размещения кузовов или кабин на двух подвижных частях рамы, усложнение трансмиссии. В связи с этим данный способ рулевого управления на современных автомобилях применяется редко, основная сфера использования — тихоходные тракторы, дорожно-строительные машины, специальные вездеходы и т. п.

Наибольшее распространение в конструкции автомобиля получило рулевое управление с поворотными колесами. В этом случае каждое управляемое колесо может поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно собственной оси поворота. Для синхронизации поворота правого и левого колеса одной оси они связаны шарнирным механизмом — рулевой трапецией.

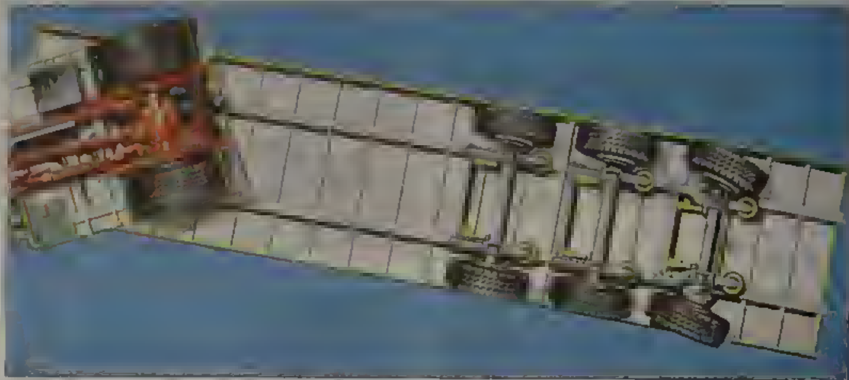


Рис. 5.2. **Самоустанавливающаяся ось полуприцепа**

Рулевая трапеция обеспечивает поворот правого и левого колес на разные углы, что позволяет им катиться на повороте по разным радиусам без проскальзывания.

Основные преимущества указанной схемы поворота: колеса занимают при поворотах небольшой объем внутри кузова, что позволяет удобно размещать над управляемым мостом другие агрегаты автомобиля (двигатель, трансмиссию и т. д.); для поворота колес требуются незначительные усилия, близкое расположение колеса к оси его поворота уменьшает удары, передающиеся от дороги на рулевое управление.

Двухосный автомобиль имеет, как правило, одну переднюю ось с управляемыми колесами. Иногда для улучшения маневренности такие автомобили снабжают всеми управляемыми колесами, но при этом усложняется конструкция рулевого управления и возникают проблемы с управляемостью на высоких скоростях. Поэтому на автотранспортных средствах с передними и задними управляемыми колесами при движении с высокими скоростями принудительное управление задними колесами отключают, а колеса фиксируются в нейтральном положении.

Для современных скоростных легковых автомобилей конструкция подвески задних неуправляемых колес и наличие упругих резинометаллических шарниров крепления рычагов к несущей системе (эластокинематика подвески) обеспечивает при движении на повороте незначительные углы поворота колес из-за крена кузова и действия на колеса боковых сил. Это явление называется «доворотом» неуправляемых колес и при правильно спроектированной подвеске позволяет улучшить управляемость в скоростных поворотах.

Одну ось с управляемыми колесами могут иметь и трехосные автомобили, но при условии, что вторая и третья неуправляемые оси сближены. Если эти оси разнесены или автомобиль имеет более трех осей, то для предотвращения бокового проскальзывания колес применяют несколько осей с управляемыми колесами (см. рис. 1.16).

При этом водитель непосредственно поворачивает колеса первой оси, колеса прочих осей связаны с первой осью с помощью механических, гидравлических или электрогидравлических передач, которые управляют их поворотом. Управляемые колеса полуприцепов могут поворачиваться в зависимости от угла складывания между автомобилем-тягачом и полуприцепом или двумя частями сочлененных автобусов.

В ряде случаев для упрощения конструкции рулевого управления задние поворотные колеса многоосных автомобилей и прицепов делаются самоустанавливающимися, т. е. колеса на повороте сами поворачиваются на углы, при которых на них не воздействуют боковые силы (рис. 5.2).

Силовой способ поворота автомобиля аналогичен способу поворотов гусеничных машин. При этом способе функции рулевого управления выполняет специальная трансмиссия. При воздействии водителя на органы управления трансмиссия подтормаживает колеса одного борта с подачей тяговых сил на колеса другого, что вызывает появление момента сил правого и левого борта, который стремится повернуть машину относительно вертикальной оси. Такая схема управления обеспечивает поворот практически на месте. Но силовой способ управления на современных автомобилях почти не применяется, что связано с низкой точностью управления на больших скоростях, высоким износом шин, необходимостью устанавливать двигатели повышенной мощности и сложные трансмиссии.

Вместе с тем силовой способ управления поворотом все же применяется в современных автомобилях, но не в качестве основного, а как основа функционирования электронной системы стабилизации траектории ESP (см. §31).

§ 30

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рулевое управление (рис. 5.3) современных автомобилей с поворотными колесами включает в себя следующие элементы:

— рулевое колесо с рулевым валом (рулевой колонкой);
— рулевой механизм;
— рулевой привод (может содержать усилитель и (или) амортизаторы).

Рулевое колесо находится в кабине водителя и расположено под таким углом к вертикали, который обеспечивает наиболее удобный охват его обода руками водителя. Чем больше диаметр рулевого колеса, тем при прочих равных условиях меньше усилия на ободе рулевого колеса, но при этом уменьшается возможность быстрого поворота руля при выполнении резких маневров. Диаметр рулевого колеса современных легковых автомобилей лежит в пределах 380–425 мм, тяжелых грузовых и автобусов — 440–550 мм, наименьшие диаметры имеют рулевые колеса спортивных автомобилей.

Рулевой механизм представляет собой механический редуктор, его основная задача — увеличение приложенного к рулевому колесу усилия водителя, необходимого для поворота управляемых колес. Рулевые управления без рулевых механизмов, когда водитель непосредственно поворачивает управляемое колесо, сохранились лишь на очень легких транспортных средствах, например на мотоциклах. Рулевой механизм имеет достаточно большое передаточное число, поэтому для поворота управляемых колес на максимальный угол 30–45° необходимо сделать несколько оборотов рулевого колеса.

Рулевой вал соединяет рулевое колесо с рулевым механизмом и часто выполняется шарнирным, что позволяет более рационально компоновать элементы рулевого управления а для грузовых автомобилей применять откидывающуюся кабину (рис. 5.4).

Кроме того, шарнирный рулевой вал повышает травмобезопасность рулевого колеса при авариях, уменьшая перемещение рулевого колеса внутрь салона и возможность травмирования грудной клетки водителя.

С этой же целью в рулевой вал иногда встраивают сминаемые элементы (рис. 5.5), а рулевое колесо покрывают относительно мягким материалом, не дающем при разрушении острых осколков.

Рис. 5.3 **Рулевое управление с гидроусилителем:** 1 — рулевая сошка; 2 — продольная рулевая тяга; 3 — рулевой механизм; 4 — всасывающий шланг; 5 — сливной шланг; 6 — бачок; 7 — правая боковая рулевая тяга; 8 — правый маятниковый рычаг; 9 — поперечная рулевая тяга; 10 — входной вал рулевого механизма; 11 — нижний карданный шарнир; 12 — карданный вал; 13 — верхний карданный шарнир; 14 — вал рулевой колонки; 15 — рулевое колесо; 16 — левый маятниковый рычаг; 17, 21 — наконечники левой боковой тяги; 18 — хомут регулировочной трубки; 19 — левый рычаг рулевой трапеции; 20 — чехол шарнира; 22 — шарнир; 23 — нагнетательный шланг; 24 — насос гидроусилителя

Рулевой привод представляет собой систему тяг и шарниров, связывающих рулевой механизм с управляемыми колесами. Поскольку рулевой механизм закреплен на несущей системе автомобиля, а управляемые колеса при движении перемещаются на подвеске вверх и вниз относительно несущей системы, рулевой привод обязан обеспечить необходимый угол поворота колес независимо от вертикальных перемещений подвески (согласованность кинематики рулевого привода и подвески). В связи с этим конструкция рулевого привода.



Рис. 5.4 **Шарнирный рулевой вал грузового автомобиля**



Рис. 5.5. **Рулевой вал со сминаемыми при ударе элементами:** 1 — вал до удара; 2 — вал в процессе смятия; 3 — полностью «сложенный» вал; 4 — максимальный ход рулевого вала

а именно количество и расположение рулевых тяг и шарниров, зависит от типа применяемой подвески автомобиля. Наиболее сложным рулевой привод имеют автомобили с несколькими управляемыми мостами.

Для дополнительного уменьшения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса, в рулевом приводе применяют усилители рулевого управления. Источником энергии для работы усилителя является, как правило, двигатель автомобиля. Первоначально усилители применялись лишь на тяжелых грузовых автомобилях и автобусах, в настоящее время используются и на легковых.

Для смягчения рывков и ударов, которые передаются на рулевое колесо при движении по неровной дороге, в рулевой привод иногда встраивают гасящие элементы — амортизаторы рулевого управления. Конструкция указанных амортизаторов принципиально не отличается от конструкции амортизаторов подвески.

РУЛЕВОЙ МЕХАНИЗМ

К рулевому механизму предъявляются следующие требования:

— оптимальное передаточное число, определяющее соотношение между необходимым углом поворота рулевого колеса и усилием на нем;
— незначительные потери энергии при работе (высокий КПД);
— возможность самопроизвольного возврата рулевого колеса в нейтральное положение, после того как водитель перестал удерживать рулевое колесо в повернутом положении;
— незначительные зазоры в подвижных соединениях для обеспечения малого люфта или свободного хода рулевого колеса;
— высокая надежность

Наибольшее распространение на легковых автомобилях сегодня получили реечные рулевые механизмы (рис. 5.6)

Конструкция такого механизма включает в себя шестерню, установленную на валу рулевого колеса, и связанную с ней зубчатую рейку. При вращении рулевого колеса рейка перемещается вправо или влево и через присоединенные к ней тяги рулевого привода поворачивает управляемые колеса.

Причинами широкого применения на легковых автомобилях именно такого механизма являются: простота конструкции, малые масса и стоимость изготовления, высокий КПД, небольшое число тяг и шарниров. Кроме того, расположенный поперек автомобиля корпус реечного рулевого механизма оставляет достаточно места в моторном отсеке для размещения двигателя, трансмиссии и других агрегатов автомобиля. Реечное рулевое управление обладает высокой жесткостью, что обеспечивает более точное управление автомобилем при резких маневрах.

Вместе с тем реечный рулевой механизм обладает и рядом недостатков: повышенная чувствительность к ударам от дорожных неровностей и передача этих ударов на рулевое колесо; склонность к виброактивности рулевого управления, повышенная нагруженность деталей, сложность установки такого рулевого механизма на автомобили с зависимой подвеской управляемых колес. Это ограничило сферу применения такого типа рулевых механизмов только легковыми (с вертикальной нагрузкой на управляемую ось до 24 кН) автомобилями с независимой подвеской управляемых колес.

Легковые автомобили с зависимой подвеской управляемых колес, малотоннажные грузовые автомобили и автобусы, легковые автомобили высокой проходимости оснащаются, как правило, рулевыми механизмами типа «глобоидальный червяк—ролик» (рис. 5.7).

Ранее такие механизмы применялись и на легковых автомобилях с независимой подвеской (например, семейство ВАЗ-2105, -2107), но в настоящее время их практически вытеснили реечные рулевые механизмы.

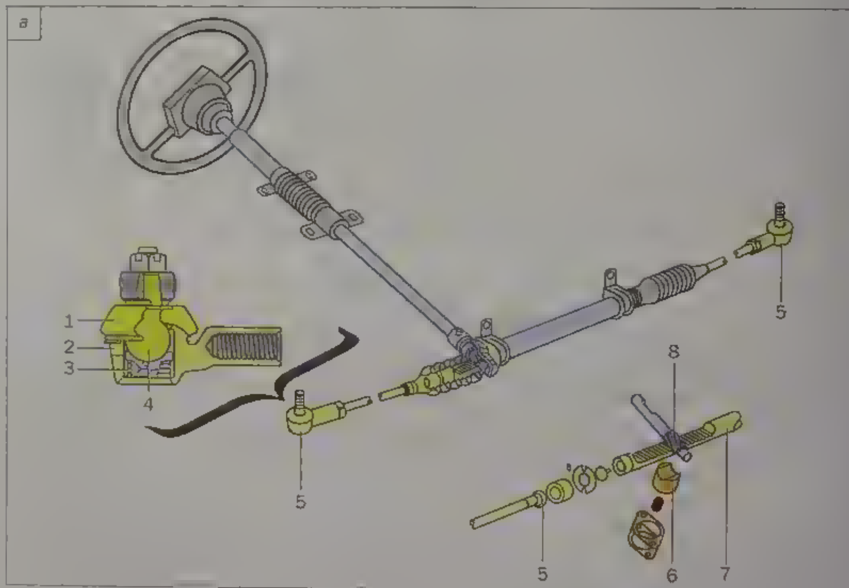


Рис. 5.6 а. **Реечный рулевой механизм без гидроусилителя:** 1 — чехол; 2 — вкладыш; 3 — пружина; 4 — шаровой палец; 5 — шаровой шарнир; 6 — упор; 7 — рулевая рейка; 8 — шестерня



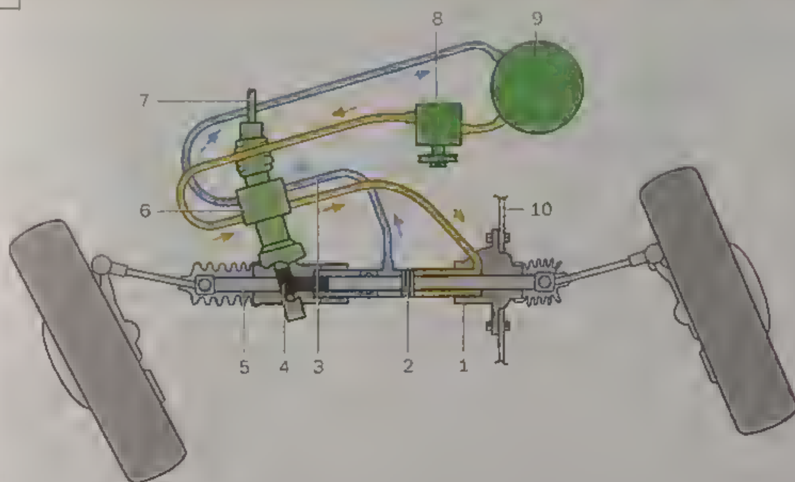


Рис. 5.6 б, в. **Реечный рулевой механизм с гидроусилителем:** 1 — жидкость под высоким давлением; 2 — поршень; 3 — жидкость под низким давлением; 4 — шестерня; 5 — рулевая рейка; 6 — распределитель гидроусилителя; 7 — рулевая колонка; 8 — насос гидроусилителя; 9 — резервуар для жидкости; 10 — элемент подвески



Рис. 5.7. **Рулевой механизм типа «глобоидальный червяк-ролик» без гидроусилителя:** 1 — ролик; 2 — червяк

Механизм типа «глобоидальный червяк–ролик» представляет собой разновидность червячной передачи и состоит из соединенного с рулевым валом глобоидального червяка (червяка с переменным диаметром) и ролика, установленного на вале. На этом же вале вне корпуса рулевого механизма установлен рычаг (сошка), с которым связаны тяги рулевого привода. Вращение рулевого колеса обеспечивает обкатывание ролика по червяку, качание сошки и поворот управляемых колес.

В сравнении с реечными рулевыми механизмами червячные механизмы имеют меньшую чувствительность к передаче ударов от дорожных неровностей, обеспечивают большие максимальные углы поворота управляемых колес (лучшая маневренность автомобиля), хорошо компонуются с зависимой подвеской, допускают передачу больших усилий. Иногда червячные механизмы применяют на легковых автомобилях высокого класса и большой собственной массы с независимой подвеской управляемых колес, но в этом случае усложняется конструкция рулевого привода — добавляется дополнительная рулевая тяга и маятниковый рычаг. Кроме того, червячный механизм требует регулировки и до́рог в изготовлении.

Наиболее распространенным рулевым механизмом для тяжелых грузовых автомобилей и автобусов является механизм типа «винт–шариковая гайка–рейка–зубчатый сектор» (рис. 5.8).

Иногда рулевые механизмы такого типа можно встретить на больших и дорогих легковых автомобилях (Mercedes, Range Rover и др.).

При повороте рулевого колеса вращается вал механизма с винтовой канавкой и перемещается надетая на него гайка. При этом гайка, имеющая на внешней стороне зубчатую рейку, поворачивает зубчатый сектор вала сошки. Для уменьшения трения в паре винт–гайка передача усилий в ней происходит посредством шариков, циркулирующих в винтовой канавке. Данный рулевой механизм имеет те же преимущества, что и рассмотренный выше червячный, но имеет больший КПД, позволяет эффективно передавать большие усилия и хорошо компонуется с гидравлическим усилителем рулевого управления.

Ранее на грузовых автомобилях можно было встретить и другие типы рулевых механизмов, например «червяк–боковой сектор», «винт–кривошип», «винт–гайка–шатун–рычаг». На современных автомобилях такие механизмы из-за их сложности, необходимости регулировки и низкого КПД практически не применяются.

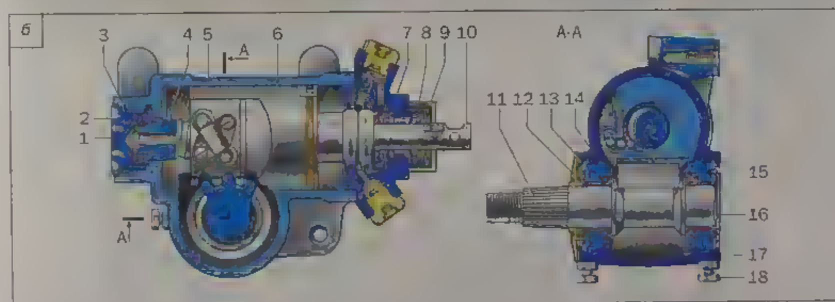


Рис. 5.8. **Рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка–рейка–зубчатый сектор» без гидроусилителя (а)**: 1 — картер; 2 — винт с шариковой гайкой, 3 — вал-сектор; 4 — пробка заливного отверстия; 5 — регулировочные прокладки; 6 — вал; 7 — уплотнитель рулевого вала; 8 — сошка; 9 — крышка; 10 — уплотнитель вала-сектора; 11 — наружное кольцо подшипника вала-сектора; 12 — стопорное кольцо; 13 — уплотнительное кольцо; 14 — боковая крышка; 15 — пробка; **со встроенным гидроусилителем (б)**: 1 — регулировочная гайка; 2 — подшипник; 3 — уплотнительное кольцо; 4 — винт; 5 — картер; 6 — поршень-рейка; 7 — гидравлический распределитель; 8 — манжета; 9 — уплотнитель; 10 — входной вал; 11 — вал-сектор; 12 — защитная крышка; 13 — стопорное кольцо; 14 — уплотнительное кольцо; 15 — наружное кольцо подшипника вала-сектора; 16 — боковая крышка; 17 — гайка; 18 — болт

Рулевой привод должен обеспечивать оптимальное соотношение углов поворота разных управляемых колес, не вызывать поворотов колес при работе подвески, иметь высокую надежность.

Наиболее распространен механический рулевой привод, состоящий из рулевых тяг, рулевых шарниров и, иногда, промежуточных (маятниковых) рычагов.

Поскольку рулевой шарнир должен, как правило, работать в нескольких плоскостях он делается сферическим (шаровым). Такой шарнир состоит из корпуса с вкладышами и шарового пальца с надетым на него эластичным защитным чехлом (рис. 5.9 и см. рис. 5.6а).

Вкладыши выполняются из материала с антифрикционными свойствами. Чехол предотвращает попадание грязи и воды внутрь шарнира.

Рулевой привод многоосных автомобилей с несколькими передними управляемыми осями принципиально не отличается от привода автомобиля с одной управляемой осью, но имеет большее количество тяг, шарниров и рычагов (рис. 5.10).



Рис. 5.9. **Шарнир рулевого привода с шаровым пальцем**

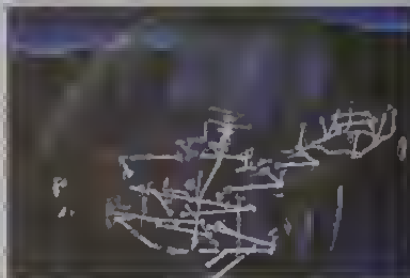


Рис. 5.10. **Рулевой привод многоосных автомобилей**

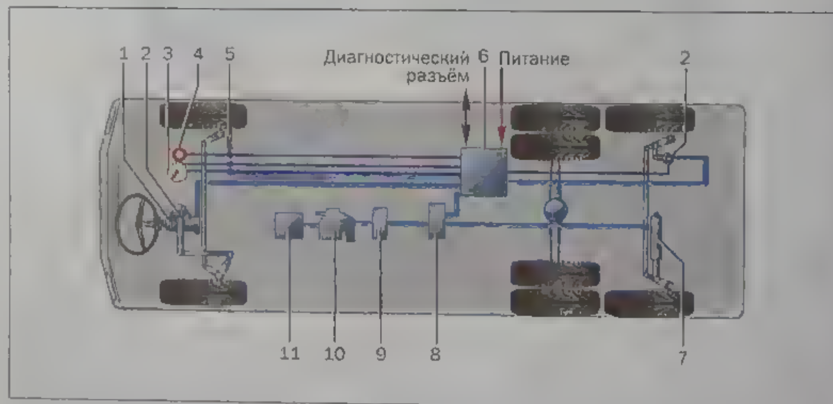


Рис. 5.11. **Рулевой привод задних управляемых колес грузового автомобиля**: 1 — рулевой механизм; 2 — датчик угла поворота колес; 3 — датчик частоты вращения коленчатого вала; 4 — аварийная лампа; 5 — датчик частоты вращения колеса; 6 — электронный блок управления; 7 — гидроцилиндр; 8 — управляющий клапан; 9 — фильтр; 10 — насос; 11 — масляный бак



Рис. 5.12. **Рулевой привод задних управляемых колес автомобиля**

Как было сказано выше, основная цель дополнительного поворота задних колес автомобиля — повышение маневренности, причем задние колеса должны поворачиваться в другом направлении, нежели передние. Создать механический рулевой привод, который обеспечивал бы указанный характер поворота, несложно, но оказалось, что автотранспортные средства с таким управлением склонны к рысканью при движении по прямой и плохо управляются при входе в скоростные повороты. Поэтому в рулевой привод современных автомобилей с задними управляемыми колесами устанавливают устройства, которые отключают поворот задних колес при скоростях выше 20–30 км/ч. В связи с этим привод задних колес делается гидравлическим или электрическим (рис. 5.11).

В ряде случаев задние колеса легковых автомобилей делаются поворотными не столько для повышения маневренности, сколько для подруливания при прохождении поворотов на большой скорости. Механический, гидравлический или электрический рулевой приводы (рис. 5.12) обеспечивают поворот задних колес в ту или иную сторону на небольшие углы (не более 2–3°), что улучшает управляемость на высоких скоростях.

УСИЛИТЕЛИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Если на управляемые колеса приходится большой вес, то управление затрудняется из-за необходимости прикладывать к рулевому колесу значительные усилия. Это предопределило применение усилителей рулевого управления.

Если первоначально по указанным причинам усилители применялись на тяжелых грузовых автомобилях и автобусах с высокими нагрузками на управляемые колеса, то в последние десятилетия усилители стали более широко применяться также и на легковых автомобилях, в том числе малого класса, поскольку позволяют использовать рулевые механизмы с меньшими передаточными числами и обеспечивать точность и быстродействие управления на высоких скоростях движения (меньше необходимые углы поворота рулевого колеса). Возрастающие при этом усилия, необходимые для маневрирования с большими углами поворота колес (например, парковка), компенсируются действием усилителя. Кроме того, наличие усилителя снижает общую физическую нагрузку на водителя, в ряде случаев позволяет

гасить удары от дорожных неровностей, усилитель обеспечивает возможность удержания автомобиля на дороге при повреждении шин или подвески. Но усилитель может оказать и отрицательное влияние на рулевое управление, например из-за низкого быстродействия (запаздывание включения при резких поворотах руля), потери водителем «чувства дороги», снижении точности управления при слишком облегченном повороте рулевого колеса, колебаниях управляемых колес, спровоцированных усилителями. Современные рулевые усилители имеют конструкцию, свободную от данных недостатков. Усилители, применяемые на современных автомобилях, по принципу своего действия могут быть адаптивными и неадаптивными, а по типу привода — гидравлическими, пневматическими и электрическими. Адаптивные усилители могут изменять коэффициент усиления в зависимости от скорости автомобиля. У автомобиля с таким усилителем при маневрировании на стоянке усилие, необходимое для поворота рулевого колеса, значительно ниже, чем у неадаптивных, а по мере увеличения скорости движения автомобиля усилие поворота увеличивается.

Неадаптивный усилитель состоит из трех основных частей:

— источника энергии;
— силового элемента, создающего дополнительное усилие при работе рулевого управления;
— управляющего элемента, отвечающего за включение и выключение силового элемента.

Адаптивный усилитель, кроме перечисленных частей, имеет датчик скорости автомобиля, электронный блок управления и исполнительное устройство (обычно электрогидравлическое), которое воздействует на управляющий элемент.

Большинство современных автомобилей с усилителем имеют гидравлический усилитель рулевого управления, в котором гидравлический насос, приводимый от двигателя автомобиля (источник энергии), создает давление в гидравлическом цилиндре (силовой элемент). Наиболее распространены гидроусилители, в которых силовой и распределительный элементы объединены с рулевым механизмом в одном корпусе (гидроруль). Поршнем гидроцилиндра в реечном рулевом механизме при этом является рулевая рейка (см. рис. 5.7), в механизме «винт–гайка–рейка–сектор» — гайка. Управляющее устройство выполнено в виде золотника на входном вале механизма, который при прикладывании усилия к рулевому колесу поворачивается (или смещается) перекрывает определенные каналы для прохода жидкости и тем самым соединяет правую или левую полость гидроцилиндра с гидравлическим насосом.

На некоторых автомобилях (многоосные, тяжелые грузовые) гидроцилиндр устанавливают в непосредственной близости от управляемого колеса для снижения нагрузок на рулевой привод. Иногда с целью унификации конструкции рулевого механизма для автомобилей с усилителями и без них золотниковое распределительное устройство также располагается на тягах рулевого привода.

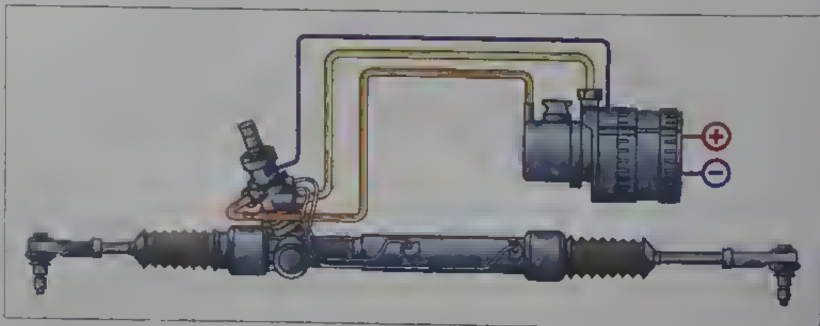


Рис. 5.13. **Электрогидравлический рулевой усилитель**

Разновидностью гидроусилителя является электрогидравлический усилитель, в котором гидравлический насос соединен с электродвигателем, питающимся от бортовой электросети автомобиля. Конструктивно электродвигатель и гидронасос (рис. 5.13) объединены в силовой блок (Powerpack).

Преимущества такой схемы: компактность, возможность функционирования при неработающем двигателе (источник энергии — АКБ автомобиля); включение гидронасоса только в необходимые моменты (экономия энергии), возможность применения электронных схем регулирования в цепях электродвигателя.

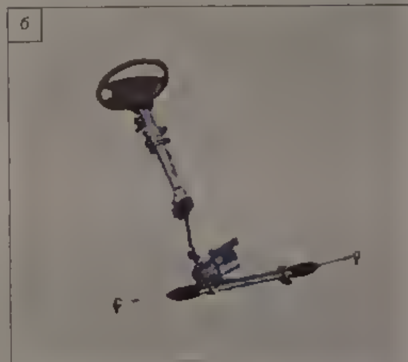
В последние годы на легковых автомобилях стали применяться электрические усилители рулевого управления, в которых функции силового элемента выполняет электродвигатель, а управляющего элемента — электронный блок. Основные преимущества данного усилителя: удобство регулирования характеристик, повышение надежности (отсутствие гидравлики), экономное расходование энергии. Возможны следующие варианты компоновки электроусилителя (рис. 5.14а, б, в):

— усилие электродвигателя передается на вал рулевого колеса;
— усилие электродвигателя передается на вал шестерни реечного рулевого механизма;
— электродвигатель воздействует через винтовую гайку на рейку рулевого механизма.

Электроусилитель с воздействием на вал рулевого колеса может быть установлен без серьезных переделок на автомобили при условии, что прочность деталей рулевого управления окажется достаточной.

Пока электроусилители применяются лишь на легких автомобилях, поскольку существующие бортовые источники электроэнергии не могут обеспечить работу электродвигателя высокой мощности. Но в случае перехода на более высокое напряжение бортовой сети (например, 42 В) можно ожидать расширения сферы применения электроусилителей.





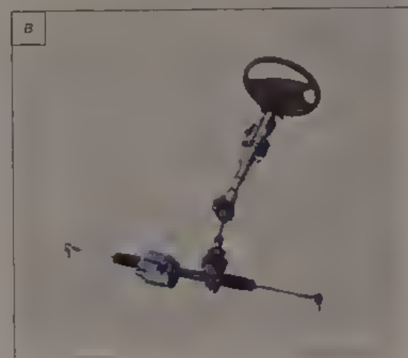


Рис. 5.14. **Электрические усилители рулевого управления: а — с воздействием на рулевой вал; б — с воздействием на шестерню рулевого механизма; в — с воздействием на рейку рулевого механизма**

§ 31

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ESP

Основной задачей электронной системы стабилизации траектории ESP (Electronic Stability Programm) является предотвращение выхода автомобиля за пределы полосы движения на повороте при ошибочных действиях водителя (например, при попытке пройти поворот со слишком высокой скоростью в момент начала заноса и т. д.).

Система ESP (рис. 5.15) включает в себя: датчики, электронный блок управления, гидравлическую систему подтормаживания того или другого колеса и систему управления двигателем.

В системе подтормаживания задействованы агрегаты антиблокировочной системы автомобиля (АБС). Электронный блок управления (ЭБУ) постоянно получает и анализирует сигналы от датчиков угла поворота рулевого колеса, бокового ускорения, угловой скорости вращения кузова относительно вертикальной оси, частоты вращения колес. В момент, когда сочетание показаний датчиков воспринимается ЭБУ как приближение к критическому режиму (занос, начало бокового скольжения), он выдает сигнал гидравлической системе подтормаживания и блоку управления двигателем. При этом одно или несколько колес одного борта начинают подтормаживаться, что приводит к возникновению поворачивающего момента относительно вертикальной оси, который предотвращает развитие аварийной ситуации (рис. 5.16). Одновременно воздействие на блок управления двигателем позволяет уменьшить подачу топлива и снизить скорость движения до безопасного уровня.



Рис. 5.15. **Электронная система стабилизации траектории:** 1 — блок управления АБС; 2 — датчик скорости вращения колес; 3 — датчик угла поворота руля; 4 — датчик бокового ускорения и угловой скорости; 5 — электронный блок управления (ЭБУ); 6 — электропривод дроссельной заслонки (бензиновый двигатель) или ТНВД (дизель); 7 — датчик давления в тормозной системе

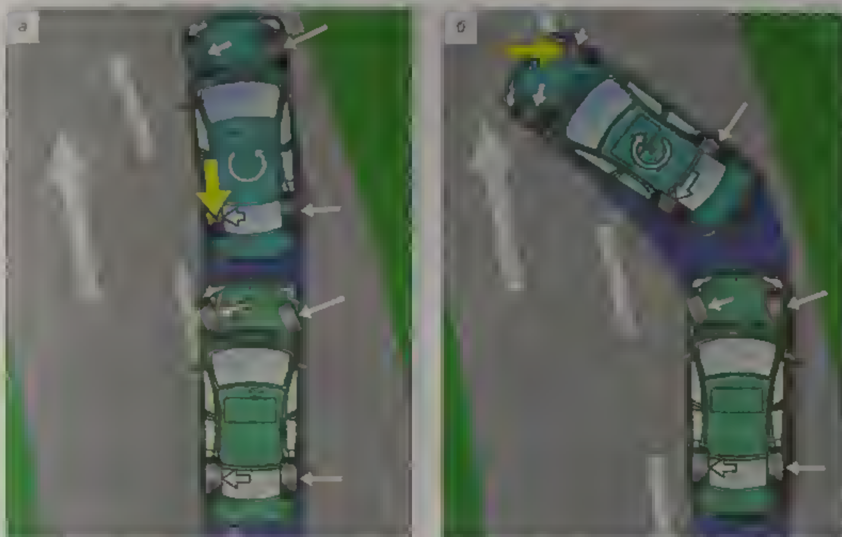


Рис. 5.16. **Поворот в критической ситуации: а — при сносе; б — при заносе**

§ 32

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Наряду с такими традиционными направлениями совершенствования рулевого управления, как повышение его надежности и снижение стоимости производства, в последние годы наметилась тенденция разработки электронных устройств, помогающих водителю оптимально управлять траекторией автомобиля. Одна из таких систем — ESP была рассмотрена выше, другая система, устанавливаемая на некоторых легковых автомобилях BMW, обозначается аббревиатурой AFS — Active Front Steering (активная система управления передними колесами). Система AFS (рис. 5.17) имеет разрезной рулевой вал, обе половины которого соединены с помощью сдвоенного планетарного редуктора. Корпус редуктора может поворачиваться с помощью электродвигателя, который включается по сигналу электронного блока управления, соединенного с датчиками (см. § 31).

Таким образом, система AFS, анализирующая параметры криволинейного движения автомобиля в каждый момент времени, может увеличивать или уменьшать угол или угловую скорость поворота управляемых колес, тем самым помогая водителю оптимально управлять автомобилем.

Развитие электроники позволяет говорить о возможности в будущем перейти на электроуправление поворотом колес автомобиля (система Steer by wire). В таких системах будет отсутствовать механическая связь между рулевым колесом и управляемыми колесами, каждое колесо будет поворачиваться индивидуальным электродвигателем по сигналу ЭБУ. При воздействии водителя на орган управления автомобилем генерируется электрический сигнал, который наряду с сигналами других датчиков анализируется блоком управления. В таких системах традиционное рулевое колесо становится необязательным и может быть заменено, например, джойстиком

а

б

Рис. 5.17. **Система AFS:** а — рулевой механизм; б — общий вид

ГЛАВА 6

Если отключить двигатель от ведущих колес, то автомобиль будет продолжать движение по инерции (накатом). Под действием сил сопротивления движению скорость автомобиля снижается и наконец он останавливается. Однако более эффективным является замедление под действием специально создаваемой внешней силы — тормозной.

Тормозное управление

§ 33

НАЗНАЧЕНИЕ ТОРМОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ. СПОСОБЫ ТОРМОЖЕНИЯ

Тормозным управлением называется совокупность систем автомобиля, призванных уменьшать скорость движения вплоть до полной остановки и удерживать автомобиль на уклоне неограниченно длительное время.

Тормозная сила может иметь аэродинамическую природу, являться следствием использования сил трения, гидравлического сопротивления или электромагнитного поля.

Для создания аэродинамической тормозной силы используется тормозной парашют или специальные «закрылки», выдвигаемые из кузова автомобиля. Такой способ торможения используется только на гоночных автомобилях, т. к. он эффективен только при высоких скоростях движения.

Наиболее часто для замедления автомобиля или удержания его на уклоне при стоянке используют тормозную силу между колесом и дорогой. Эта сила возникает в результате того что искусственно затрудняется свободное вращение колеса. Направление тормозной силы противоположно направлению движения автомобиля. Препятствие вращению колеса могут создавать колесный тормозной механизм, двигатель автомобиля или специальный гидравлический или электрический тормоз-замедлитель, установленный в трансмиссии.

Тормозная сила в пятне контакта шины с дорогой тем больше, чем больше оказывается сопротивление вращению колеса. Это сопротивление тем больше, чем сильнее водитель нажимает педаль тормоза. Однако не стоит думать, что увеличивая усилие на педали, можно довести тормозную силу до бесконечности. Максимальное значение тормозной силы зависит еще и от сцепления колеса с дорогой. Чем лучше сцепление шины с дорогой, тем большая тормозная сила может быть получена. Сцепление зависит от вертикальной нагрузки, прижимающей колесо к дороге (вертикальная реакция), рисунка протектора шины и ее конструкции, состояния дорожного покрытия. Так, на асфальтовом

сухой дороге торможение более эффективно, чем на той же дороге во время дождя или на льду. Максимальное сцепление колеса с дорогой при торможении обеспечивается при его качении с одновременным частичным проскальзыванием. Когда колесо полностью блокируется, т. е. скользит по дороге без проворачивания, то сцепление уменьшается на 20-30 % от максимального значения. Желательно при торможении колесо не доводить до полной блокировки.

Для получения максимального значения тормозной силы все колеса автомобиля делаются тормозящими, т. е. используются все вертикальные реакции от дороги, действующие на колеса автомобиля.

Вертикальные реакции от дороги на передние и задние колеса автомобиля меняются при изменении его загрузки, особенно у грузовых автомобилей, прицепов (полуприцепов) и автобусов. Так, например, вертикальные нагрузки на задние колеса порожнего грузового автомобиля могут отличаться от нагрузок полностью груженного автомобиля в 3–4 раза. Кроме того, при торможении, по мере увеличения замедления автомобиля, меняется соотношение вертикальных реакций на передних и задних колесах. Происходит перераспределение реакций: возрастание на передних и уменьшение на задних колесах. Для повышения эффективности торможения тормозные силы также должны меняться пропорционально изменению вертикальных реакций на передних и задних колесах.

§ 34

ТИПЫ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ. КЛАССИФИКАЦИЯ

Каждое транспортное средство, от самых малых автомобилей весом 400–450 кг и до больших карьерных самосвалов или автопоездов весом 500–600 т, должно быть оборудовано рабочей, запасной и стояночной тормозными системами. Рабочая (основная) тормозная система обеспечивает уменьшение скорости движения вплоть до полной остановки автомобиля, запасная тормозная система — остановку автомобиля в случае выхода из строя рабочей тормозной системы, а стояночная тормозная — удержание остановленного автомобиля на месте, неограниченно длительное время. **Помимо этих систем на грузовых автомобилях весом более 16 т и на больших междугородных автобусах обязательно применение четвертой тормозной системы — вспомогательной (противоизносной).** Совокупность всех тормозных систем называют системой тормозного управления. Допускается не оборудовать тормозным управлением прицепы весом менее 750 кг. На рис. 6.1 показана схема системы тормозного управления автомобиля.

К тормозному управлению предъявляются повышенные требования, т. к. оно является важнейшим средством обеспечения активной безопасности автомобиля. Требования к тормозным системам автотранспортных средств установлены в нескольких российских и международных нормативных документах. Основными из них являются ГОСТ Р 41.13 99 (так называемые Правила № 13 Европейской Экономической Комиссии ООН), ГОСТ Р 41.13Н-99.

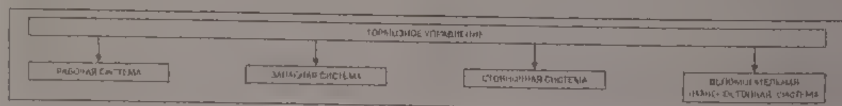


Рис. 6.1. **Схема системы тормозного управления**

ГОСТ Р 51709-2001, ГОСТ 4364-88, ОСТ 37.001.067-86. Большая часть этих документов устанавливает требования к эффективности тормозов новых автомобилей. В ГОСТ Р 51709 2001 указывается, каким требованиям должны отвечать тормозные системы автомобилей в эксплуатации. Тормозные требования к ним менее жесткие, чем к новым автомобилям.

В техническом плане требования к тормозным системам следующие:

— обеспечение минимального тормозного пути, максимального установившегося замедления или тормозной силы на колесах;
— удержание транспортного средства на уклоне определенной величины на стоянке;
— сохранение устойчивости при торможении (критериями устойчивости служат линейное отклонение, угловое отклонение, угол складывания автопоезда);
— стабильность тормозных свойств при неоднократных торможениях, при которых происходит разогрев тормозных механизмов;
— минимальное время срабатывания тормозного привода;
— следящее действие тормозного привода, т. е. пропорциональность между усилием на педали (рычаге) и тормозным моментом на колесе;
— малая работа управления тормозными системами (усилие на тормозной педали, в зависимости от назначения автотранспортного средства, должно быть не более 500–700 Н; ход тормозной педали 80–180 мм);
— поддержание установившейся скорости при движении на затяжном спуске (для вспомогательной тормозной системы);
— отсутствие полного блокирования (юза) колес;
— неравномерность действия тормозов левого и правого колес одной оси не должна превышать определенной величины;
— отсутствие раздражающих органолептических явлений при торможении (скрип, неприятный запах);
— повышенная надежность всех элементов тормозных систем, основные элементы которых не должны выходить из строя на протяжении гарантированного ресурса.

Должна быть также предусмотрена сигнализация, оповещающая водителя о неисправностях в системе тормозного управления.

Рабочая тормозная система автомобиля обычно приводится в действие ножной тормозной педалью. На автомобилях, специально предназначенных для управления водителями-инвалидами без обеих ног, рабочая тормозная система приводится в действие рукой от специального рычага, закрепленного на руле. На прицепах и полуприцепах рабочая система приводится в действие по гидравлическому, пневматическому или электрическому сигналу, поступающему от тормозной системы автомобиля-тягача в момент начала его торможения. Существуют также тормозные системы прицепов, в которых рабочая система начинает срабатывать вследствие набегания (накатывания) прицепа на тормозящий тягач, при котором возникает сила сжатия в сцепке. Такая тормозная система прицепа называется тормозом наката.

Рабочая тормозная система, как и стояночная и запасная, состоит из тормозных механизмов и тормозного привода. На легковых автомобилях, малотоннажных грузовых автомобилях и микроавтобусах, применяют усилитель тормозов, а также другие устройства, повышающие эффективность тормозных систем и устойчивость при торможении. Многие автотранспортные средства имеют антиблокировочную систему тормозов (АБС), входящую в состав тормозного привода (рис. 6.2).

При нажатии тормозной педали увеличивается давление жидкости в тормозном приводе, в том числе в тормозных цилиндрах колесных тормозных механизмов. Срабатывание тормозных механизмов приводит к замедлению вращения колес и появлению тормозных сил в точке контакта шин с дорогой.

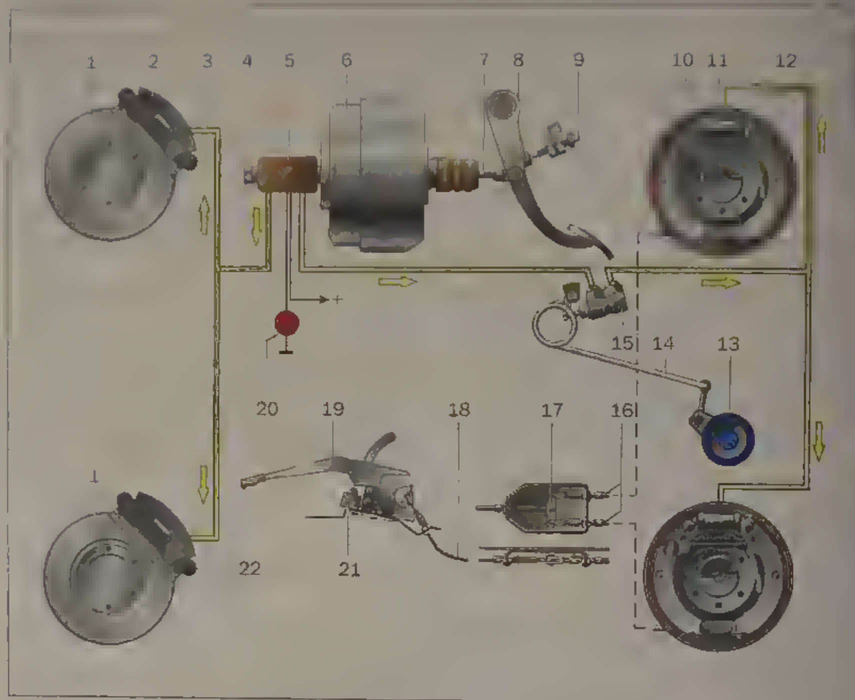


Рис. 6.2. **Принципиальная схема рабочей тормозной системы автомобиля:** 1 — тормозной диск; 2 — скоба тормозного механизма передних колес; 3 — передний контур; 4 — главный тормозной цилиндр; 5 — бачок с датчиком аварийного падения уровня тормозной жидкости; 6 — вакуумный усилитель; 7 — толкатель; 8 — педаль тормоза; 9 — выключатель света торможения; 10 — тормозные колодки задних колес; 11 — тормозной цилиндр задних колес; 12 — задний контур; 13 — кожух полуоси заднего моста; 14 — нагрузочная пружина; 15 — регулятор давления; 16 — задние тросы; 17 — уравнитель; 18 — передний (центральный) трос; 19 — рычаг стояночного тормоза; 20 — сигнализатор аварийного падения уровня тормозной жидкости; 21 — выключатель сигнализатора стояночного тормоза; 22 — тормозная колодка передних колес

Запасная тормозная система должна использоваться при отказе или неисправности рабочей тормозной системы. Она может быть менее эффективной, чем рабочая тормозная система. При этом считается, что в рабочей системе одновременно может произойти отказ не более чем одного элемента тормозного привода или механизма. В случае отсутствия на автомобиле специальной автономной запасной тормозной системы ее функции может выполнять исправная часть рабочей тормозной системы (например, один из контуров тормозного привода рабочей тормозной системы с соответствующими тормозными механизмами) или стояночная тормозная система. Важное требование к запасной тормозной системе — наличие следящего действия, т. е. пропорциональности между усилием на педали (рычаге) и тормозным моментом на колесах автомобиля. По этому требованию стояночная тормозная система большинства легковых автомобилей (управляемая рычагом) не может быть признана в качестве запасной тормозной системы

На прицепных транспортных средствах наличие запасной тормозной системы не требуется. Считается, что торможение автопоезда при отказе рабочей системы прицепа будет обеспечиваться исправной рабочей тормозной системой тягача. В то же время рабочая тормозная система прицепа всегда проектируется с таким расчетом, чтобы в случае отрыва прицепа от тягача осуществлялось аварийное полное экстренное торможение прицепа с эффективностью не менее чем предусмотрено для запасной тормозной системы автомобиля. К легким прицепам категорий O1 и O2, оборудованным тормозом наката, требование аварийного торможения не предъявляется, однако они должны быть снабжены страховочной цепью или тросом, соединяющим прицеп с автомобилем и обеспечивающим некое остаточное управление прицепом после его отрыва от тягача.

Стояночная тормозная система обычно приводится в действие от рычага (рукоятки) рукой водителя. Иногда стояночная система приводится в действие ногой от специальной педали. Удержание транспортного средства на уклоне должно производиться как на участке подъема так и участка спуска дороги. Стояночная система должна удерживать автомобиль или прицеп (полуприцеп) на уклоне определенной величины неограниченно долгое время. В связи с этим использование, например, гидравлики или пневматики в тормозных механизмах стояночной системы невозможно из-за опасности утечки жидкости или воздуха с течением времени. Привод тормозных механизмов стояночной системы у современных транспортных средств может быть механическим, от рычага (педали) через тросы (тяги) и рычаги, электрическим, пневматическим и т. д.

Для обеспечения тормозной эффективности достатонно использовать тормозные механизмы наиболее нагруженной оси или нескольких осей транспортного средства. Обычно для этой цели используют заднюю ось или заднюю тележку грузового автомобиля или автобуса, заднюю ось или две задние оси соответственно двух- или трехосного полуприцепа. На легковых автомобилях и прицепах нагрузка на переднюю и заднюю оси распределяется почти одинаково. Поэтому у них стояночная система обычно выполнена с использованием задних, неуправляемых колес, что конструктивно несколько проще. Хотя принципиально возможна и технически реализована некоторыми фирмами стояночная тормозная система на передних колесах легкового автомобиля (например, некоторые автомобили SAAB).

Вспомогательная тормозная система, ограничивающая скорость движения автомобиля на длительных спусках, выполняется не зависимой от других тормозных систем.

Транспортное средство при движении под уклон начинает постепенно разгоняться, достигая скорости, опасной с точки зрения водителя для безопасного движения. Водитель притормаживает, используя рабочую тормозную систему, снижая скорость до безопасной. Через некоторое время автомобиль вновь разгоняется и цикл притормаживания повторяется. За путь движения с перевала длиной 5–20 км циклы притормаживания рабочей системой многократно повторяются. Это сопровождается износом шин, тормозных накладок и — самое главное — увеличением температуры тормозных механизмов, в первую очередь тормозных накладок. При разогреве накладок тормозных механизмов снижается коэффициент трения накладки о тормозной барабан, а следовательно, и тормозная эффективность тормозного механизма. В результате эффективность торможения автомобиля в начале спуска с горы и в конце, при прочих равных условиях, совершенно различная. Резкое ухудшение тормозных свойств автомобиля с горячими тормозными механизмами может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжелыми последствиями.

Поэтому была разработана для тяжелых автомобилей и автопоездов такая тормозная система, которая обеспечивает длительное движение на спуске с небольшой постоянной скоростью без использования (и разогрева) механизмов рабочей тормозной системы. Последние должны оставаться в холодном состоянии и готовности выполнить в любой момент торможение с максимальной эффективностью.

Такой системой является вспомогательная (второе название — износостойкая) тормозная система. Вспомогательная система не может снизить скорость автомобиля до нуля. По нормативным документам эффективность вспомогательной тормозной системы считается достаточной, если на уклоне в 7 % длиной 7 км скорость автомобиля поддерживается на уровне (30±5) км/ч.

Конструктивно вспомогательная тормозная система выполняется сейчас тремя способами: моторный тормоз, гидравлический тормоз-замедлитель и электрический тормоз-замедлитель. Следует иметь в виду, что в качестве тормоза-замедлителя на каждом автомобиле можно использовать двигатель, работающий на режиме холостого хода (так называемое торможение двигателем). Тормозной момент, создаваемый в этом случае двигателем, увеличивается при включении низших передач в коробке. Однако тормозной момент, развиваемый двигателем, работающим на холостых оборотах, небольшой и не обеспечивает необходимого замедления автомобиля большой массы.

Более эффективный моторный тормоз (горный тормоз) представляет собой двигатель автомобиля, оборудованный дополнительными устройствами выключения подачи топлива и поворота заслонок в выпускном трубопроводе, создающих дополнительное сопротивление.

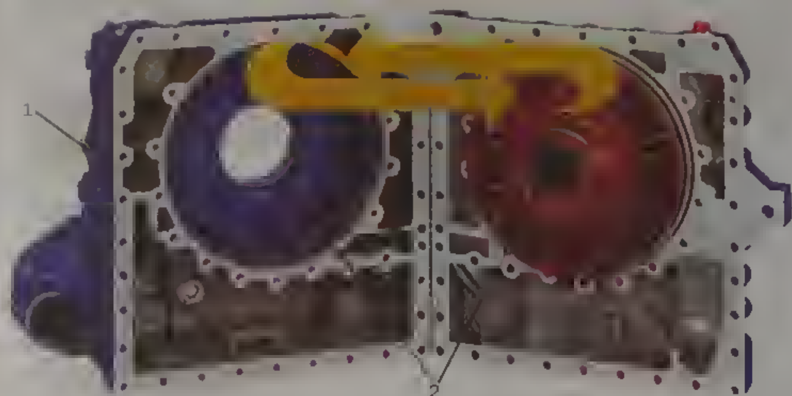
При торможении водитель с помощью пневматического привода поворачивает заслонку в трубе глушителя в закрытое положение и перемещает рейку топливного насоса высокого давления в положение нулевой подачи топлива в двигатель. Вследствие этих действий двигатель автомобиля глушится (но вращение коленчатого вала не прекращается) и становится невозможным выпуск воздуха из цилиндров через выпускной тракт. В такте выпуска поршень стремится вытолкнуть воздух через выпускной трубопровод. При этом поршень испытывает сопротивление, многократно сжимая воздух. Следствием этого сопротивления перемещению поршня является замедление вращения коленчатого вала, и, следовательно, передача от него через трансмиссию тормозного момента к ведущим колесам автомобиля.

Гидравлический тормоз-замедлитель представляет собой устройство из двух лопастных колес, не связанных жестко друг с другом, но расположенных друг напротив друга на небольшом расстоянии. Лопастные колеса установлены в отдельном корпусе или встроены в гидромеханическую передачу (ГМП). Одно лопастное колесо установлено на вале трансмиссии, например на карданном, и вращается вместе с ним, а второе колесо неподвижно и соединено с корпусом тормоза. Для создания сопротивления вращению карданного вала корпус с помощью специального насоса наполняется маслом. Масло разгоняется лопастями вращающегося колеса, перетекает на лопасти неподвижного колеса, где его скорость резко замедляется и затем повторно поступает на лопатки вращающегося колеса. При попадании масла на лопатки быстро вращающегося лопастного колеса вращение последнего замедляется, а образующийся тормозной момент через трансмиссию подводится к ведущим колесам автомобиля. Нагреваемое в корпусе тормоза-замедлителя масло охлаждается в специальном радиаторе. Для выключения тормоза масло удаляют из корпуса. Гидрозамедлитель может обеспечить несколько ступеней интенсивности торможения, если устанавливается перед коробкой передач. Чем ниже передача, тем эффективнее происходит торможение.

На рис. 6.3 показан принцип действия гидравлического тормоза-замедлителя.

По аналогичному принципу работает и электрический тормоз-замедлитель. На автомобилях с механической трансмиссией он выполняется в отдельном корпусе. С карданным валом или любым другим валом трансмиссии соединен вращающийся ротор замедлителя, а в корпусе закреплены неподвижные обмотки статора. При подаче напряжения на обмотки статора возникает магнитное силовое поле, препятствующее свободному вращению ротора. Образующийся тормозной момент через трансмиссию подводится к ведущим колесам автомобиля, аналогично гидравлическому тормозу-замедлителю. На рис. 6.4 приведена схема электрического тормоза-замедлителя.

Рис



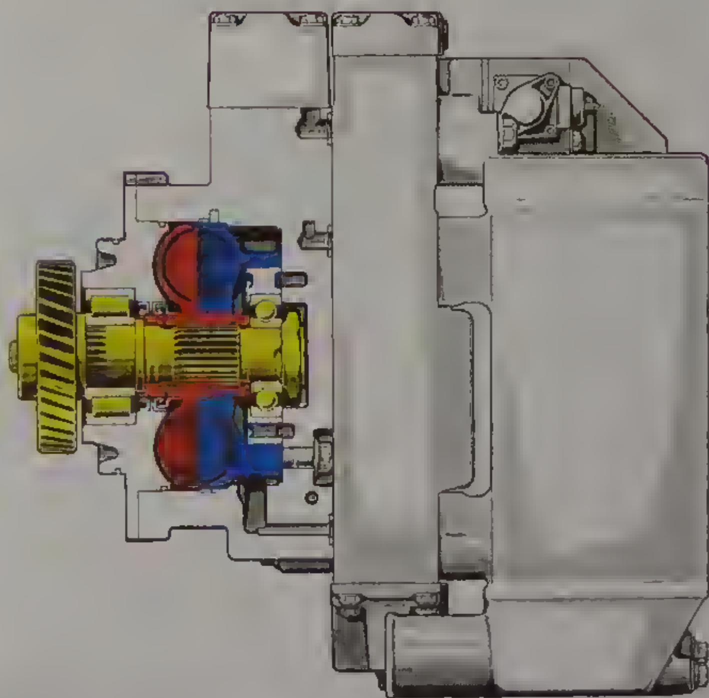


Рис. 6.3. **Гидравлический тормоз-замедлитель:** 1 — корпус; 2 — лопастное колесо

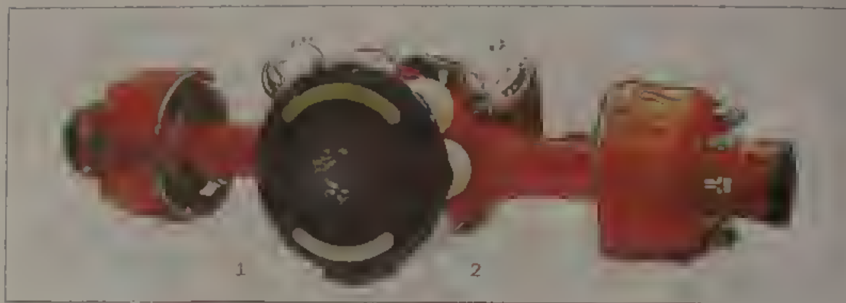


Рис. 6.4. **Электрический тормоз-замедлитель:** 1 — ротор; 2 — обмотки статора

Также следует отметить, что на прицепах и полуприцепах при необходимости также может устанавливаться тормоз-замедлитель. Он может быть электрического или гидравлического типа. Для этого одна из осей конструктивно должна быть выполнена с полуосями, между которыми устанавливается замедлитель. Включение и выключение замедлителя производится водителем из кабины тягача.

§ 35

ТОРМОЗНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Тормозной механизм предназначен для создания тормозного момента, препятствующего вращению колеса автомобиля или элемента трансмиссии, соединенного с колесом. Наиболее распространенными тормозными механизмами являются фрикционные, принцип действия которых основан на трении вращающихся деталей о неподвижные. По форме вращающихся деталей фрикционные тормозные механизмы делятся на барабанные и дисковые. Невращающимися деталями барабанных тормозов могут быть колодки или ленты, дисковых тормозов — только колодки.

Наиболее распространенное место размещения тормозного механизма — внутри колеса (хотя это и увеличивает неподрессоренные массы), поэтому такие механизмы называются колесными. Иногда тормозные механизмы располагаются в трансмиссии автомобиля, например за коробкой передач или раздаточной коробкой, перед главной передачей или на полуосях. Такие механизмы называются трансмиссионными.

Тормозной механизм любого типа должен создавать максимальный тормозной момент, мало зависящий от направления вращения тормозного диска или барабана, замасливания или попадания влаги на фрикционные поверхности, их температуры. Зазор между фрикционными поверхностями тормоза должен быть минимальным для быстрого срабатывания механизма при торможении. Вследствие изнашивания фрикционной поверхности колодки или ленты зазор в эксплуатации неизбежно увеличивается. Поэтому любой фрикционный тормозной механизм должен иметь устройство, позволяющее автоматически или вручную восстанавливать первоначальный минимальный зазор.

Наименее распространены в настоящее время на автомобилях **ленточные барабанные тормозные механизмы** (рис. 6.5). Они состоят из вращающегося барабана и неподвижной ленты. Во время торможения лента прижимается к барабану, создавая тормозной момент.

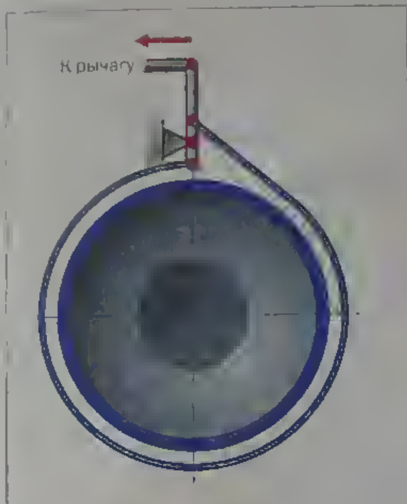


Рис. 6.5. **Ленточный барабанный тормозной механизм**

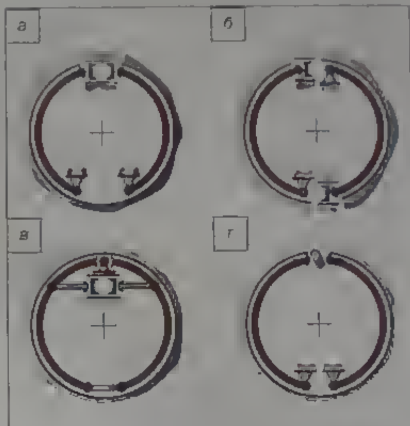


Рис. 6.6. **Колодочные барабанные тормозные механизмы: а — механизм с односторонними опорами; б — с разнесенными опорами; в — механизм с самоусилением: г — механизм с разжимным кулаком**

Отрицательным свойством ленточного механизма являются большие дополнительные радиальные нагрузки, действующие при торможении на опоры барабана, и невозможность получения плавного торможения. Из-за малой жесткости ленты зазор между ней и барабаном должен быть большим, что увеличивает ход тормозной педали и снижает быстродействие тормоза. Устройства для регулирования зазоров в ленточных тормозах сложны, ненадежны в работе и требуют частого обслуживания. Из-за указанных недостатков ленточные тормоза редко применяют на современных транспортных средствах (только иногда в стояночных тормозных системах).

Колодочные барабанные тормозные механизмы, несмотря на свою внешнюю схожесть, существенно отличаются друг от друга по конструкции и свойствам. На рис. 6.6 приведены основные схемы барабанных колодочных тормозов. В основном они различаются по расположению опор колодок и характеру приводных сил, раздвигающих колодки и прижимающих их к барабану изнутри. Различие в конструкции предопределяет и различие в свойствах.

На рис. 6.7 показан **барабанный тормоз с равными приводными силами и односторонним расположением опор колодок.**

Опорный диск закреплен на балке моста. В нижней части опорного диска установлены два пальца, на которых закреплены эксцентриковые шайбы. Положение пальцев фиксируют гайками. На эксцентриковые шайбы надеты нижние концы колодок. Регулировочные эксцентрики закреплены на опорном диске болтами, удерживаемыми от произвольного проворачивания предварительно сжатыми пружинами. Стяжная пружина прижимает каждую колодку к ее регулировочному эксцентрику. Пружина фиксирует регулировочный эксцентрик в любом положении при повороте его за головку болтов. Таким образом, каждая колодка центрируется относительно тормозного барабана регулировочными эксцентриками и эксцентриковыми шайбами пальцев. Верхние концы колодок соприкасаются с поршнями рабочего цилиндра. От боковых смещений колодки удерживаются направляющими скобами с пластинчатыми пружинами. Длина фрикционных накладок, прикрепленных к передним и задним

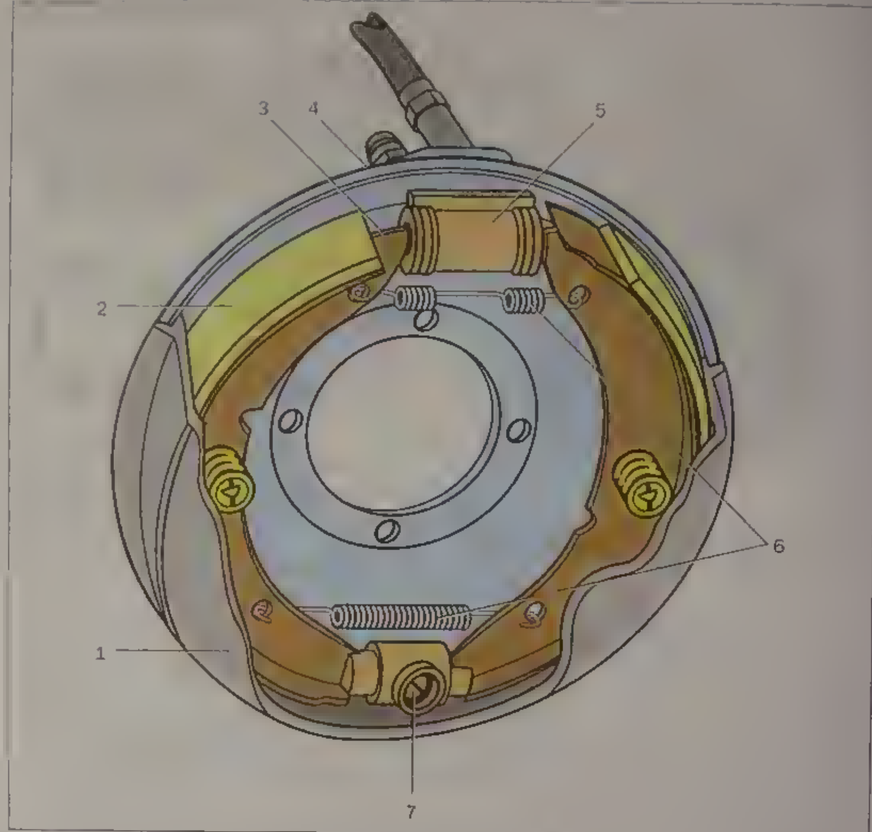


Рис. 6.7. **Барабанный механизм с равными приводными силами и односторонним расположением опор колодок:** 1 — тормозной барабан; 2 — фрикционная накладка; 3 — колодка; 4 — тормозной щит; 5 — тормозной цилиндр; 6 — возвратные (стяжные) пружины; 7 — эксцентрик регулировки тормоза

колодкам, неодинакова. Накладка передней колодки длиннее задней. Сделано это для обеспечения равномерного износа накладок, т. к. передняя колодка работает большее время как первичная и создает больший тормозной момент, чем задняя. Барабан тормоза прикреплен к ступице колеса. Для удобства доступа к колодкам барабан сделан съемным.

При торможении давление жидкости в колесном цилиндре раздвигает поршни в противоположном направлении, они воздействуют на верхние концы колодок, которые преодолевают усилие пружины и прижимаются к барабану. При растормаживании давление в цилиндре уменьшается и благодаря возвратной пружине, колодки сводятся в первоначальное положение.

В механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный верхним концом с одной тормозной колодкой, а через планку — с другой. К нижнему концу рычага присоединяется трос стояночного привода. При вытягивании троса рычаг поворачивается и прижимает к барабану сначала одну колодку, а затем через планку другую.

Тормоз автомобиля с разнесенными опорами выполнен по схеме (см. рис. 6.6б). Он имеет две одинаковые тормозные колодки, каждая из которых установлена на соответствующем опорном пальце. Колодки стягиваются пружинами. Концы колодок соприкасаются с поршнями колесных цилиндров. Рабочие цилиндры соединены с главным тормозным цилиндром и между собой трубопроводом. Механизм имеет автоматическое устройство регулирования зазора.

Опорный диск **сервотормоза** (см. рис. 6.6в) укреплен на коробке передач, на нем установлены две колодки, разжимной и регулировочный механизмы. Верхние концы колодок прижаты стяжными пружинами к толкателям разжимного механизма, а нижние — к опорам регулировочного механизма. Усилие стяжных пружин левой колодки меньше, чем усилие пружин правой колодки. Сухарь регулировочного механизма может перемещаться вместе с опорами колодок на 3 мм относительно винта. В расторможенном положении сухарь прижат к корпусу сильными пружинами и указанный зазор устанавливается со стороны левой колодки.

При перемещении тормозного рычага усилие от него через тягу передается на двуплечий рычаг. Положение тормозного рычага в заторможенном состоянии фиксируется защелкой на зубчатом секторе. Короткое плечо двуплечего рычага давит при этом на разжимной стержень, который, вдвигаясь в корпус, разводит шариками толкатели обеих колодок. Первой к барабану прижимается левая колодка, имеющая более слабые стяжные пружины. Если торможение происходит при движении автомобиля вперед, то эта колодка захватывается барабаном и ее нижний конец перемещает правую колодку до ее соприкосновения с барабаном (перемещение колодки, которое не превышает 3 мм, происходит против хода часовой стрелки). Обе колодки работают как первичные, причем приводным усилием для правой колодки является сила трения, передаваемая от левой колодки. Так как тормозной момент трансмиссионного стояночного тормоза увеличивается главной передачей, то его размеры получаются меньше, чем размеры колесных тормозов или тормозов, установленных после межколесного дифференциала.

Тормоз с равными перемещениями колодок (см. рис. 6.6г). Колодки опираются на оси с эксцентричными шейками. Оси установлены и зафиксированы гайками в кронштейнах, приклепанных к опорному диску. При монтаже тормоза обеспечивается поворачивание оси и тем самым смещение конца колодки относительно барабана. Стяжной пружиной колодки прижимаются к разжимному кулаку. К колодкам приклепаны по две фрикционные накладки. Тормозной барабан отлит из чугуна и прикреплен к ступице колеса шпильками. Разжимной кулак изготовлен как одно целое с валом и установлен в кронштейне. На шлицевом конце вала закреплен рычаг. В рычаге размещена червячная передача, служащая для регулирования зазора в тормозном механизме.

В расторможенном состоянии между колодками и барабаном имеется зазор. При торможении давление воздуха воспринимается мембраной тормозной камеры, установленной на кронштейне, и ее шток поворачивает за рычаг вал с разжимным кулаком. Колодки прижимаются к барабану, вызывая торможение колеса. Профиль разжимного кулака выполнен так, чтобы обеспечивать перемещение на одинаковые расстояния концов колодок. Этим достигается уравновешенность тормозного механизма, равные тормозные моменты и износ колодок.

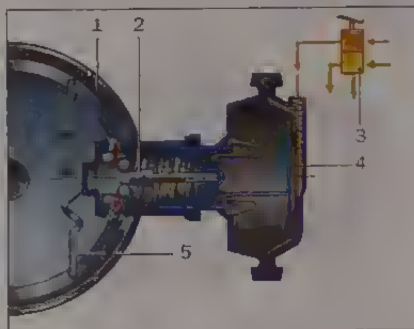


Рис. 6.8. **Тормозной механизм с клиновым разжимным устройством и автоматической регулировкой зазора**: 1 — колодка; 2 — разжимной клин; 3 — тормозной кран; 4 — тормозная камера; 5 — пружина

На ряде автомобилей применены тормозные механизмы с клиновым разжимным устройством и автоматической регулировкой зазора (рис. 6.8).

На опорном диске закреплен суппорт, в цилиндрические отверстия которого вставлены два толкателя. Внутри каждого толкателя размещены регулировочные втулки. На наружной поверхности каждой регулировочной втулки нанесена спиральная нарезка с треугольным профилем зубьев, а на внутренней поверхности нарезана резьба, в которую ввернут регулировочный винт. При первоначальной регулировке тормозных механизмов поворотом регулировочных винтов устанавливают зазор между тормозным барабаном и колодками, величина которого затем поддерживается автоматически. К регулировочным втулкам прижаты храповики, которые имеют зубья, находящиеся в зацеплении с наружными зубьями регулировочных втулок.

Разжимное устройство состоит из клина, двух роликов (оси которых размещены в сепараторе), упорной шайбы и грязезащитного колпака. При торможении на клин передается сила от штока тормозной камеры, вследствие чего он перемещается в осевом направлении и посредством роликов раздвигает толкатели. Перемещающиеся при этом регулировочные втулки и винты прижимают колодки к барабану, а собачка храповиков перескакивает через зубья регулировочных втулок. Когда происходит растормаживание и толкатели со связанными с ними деталями двигаются в обратном направлении, регулировочные втулки поворачиваются под действием усилия, возникающего в зацеплении между собачками храповиков и втулок, в результате чего винты вывертываются. Между колодками и барабаном устанавливаются необходимые зазоры. При увеличении зазора между колодками и барабаном собачки храповика попадают в зацепление с другой парой зубьев регулировочной втулки, что автоматически восстанавливает зазор в тормозном механизме.

Известны конструкции барабанных тормозных механизмов, применявшихся совместно с электрическим тормозным приводом (рис. 6.9).

Тормозные барабаны колесных и трансмиссионных тормозов обычно отливают из серого чугуна. У некоторых тормозов диск барабана отштампован из листовой стали и соединен с чугунным барабаном при отливке в неразъемную конструкцию. Тормозные барабаны легковых автомобилей выполняют из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугунным кольцом. На барабанах иногда делают ребра, увеличивающие жесткость конструкции и улучшающие отвод теплоты. Колодки барабанных тормозов для жесткости в сечении имеют тавровую форму. Иногда колодка опирается свободно нижним концом на площадку и не фиксируется. Такая колодка самоустанавливается относительно барабана при торможении. Фрикционные накладки изготавливают из материалов, обладающих большим коэффициентом трения (до 0,4), большой теплостойкостью и хорошей сопротивляемостью изнашиванию. Раньше накладки в горячем состоянии формовали в основном из волокнистого асбеста в смеси с органическими связывающими веществами (смолами, каучуком, маслами). Сейчас использование асбеста в тормозных накладках законодательно запрещено, т. к. асбест признан канцерогенным материалом.

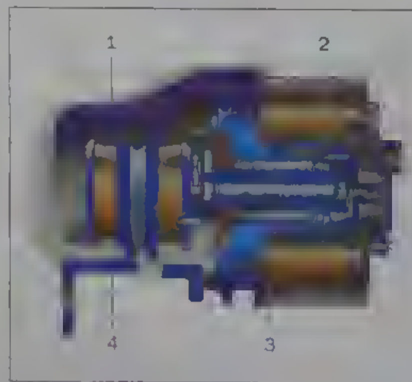


Рис. 6.9. **Дисковый тормозной механизм с электрическим приводом:** 1 — скоба; 2 — обмотка; 3 — шток; 4 — тормозной диск

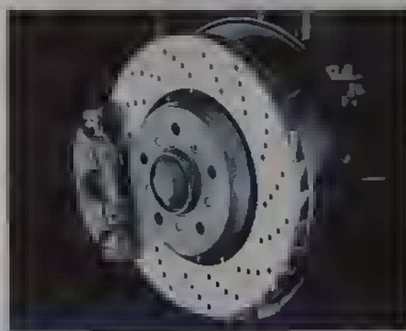
Дисковый тормозной механизм (рис. 6.10) состоит из вращающегося диска, двух неподвижных колодок, установлен-

ных с обеих сторон диска внутри суппорта, закрепленного на кронштейне цапфы. По сравнению с колодочными тормозами барабанного типа дисковые тормозные механизмы обладают лучшими эксплуатационными свойствами, а поскольку передние колеса требуют при торможении приложения более значительных тормозных усилий, то установка передних колес этими дисковыми тормозами улучшает эксплуатационные качества автомобиля. Если тормозной привод гидравлический, то внутри суппорта находится один или несколько гидравлических цилиндров с поршнями. Если привод пневматический, то суппорт имеет клиновое или иное прижимное устройство. При торможении неподвижные колодки прижимаются к вращающемуся диску, появляются сила трения и тормозной момент. Дисковый тормозной механизм хорошо вписывается в колесо, имеет небольшое число элементов и малую массу.



Рис. 6.10. **Дисковый тормозной механизм:** 1 — колодки; 2 — суппорт; 3 — диск

Этот тормозной механизм обладает высокой стабильностью своих характеристик.


Рис. 6.11. **Тормозной механизм с вентилируемым диском**

Дисковые тормоза получают все большее распространение в рабочих тормозных системах. Чугунный диск установлен на ступице колеса. С внутренней стороны диск охватывается суппортом, укрепленным на кронштейне поворотной цапфы. В пазах суппорта установлены рабочие цилиндры. В обработанных с высокой точностью отверстиях цилиндров размещены поршни. Тыльные части цилиндров соединены трубкой между собой и с главным тормозным цилиндром. Суппорты бывают с односторонними или двусторонними поршнями. Если суппорт имеет односторонние поршни, они располагаются с внутренней стороны, где обеспечивается лучшее охлаждение.

При торможениях тормозной диск, колодки и суппорт сильно нагреваются, что может привести к снижению тормозной эффективности. Охлаждение осуществляется набегающим потоком воздуха. Для лучшего отвода тепла в диске колеса иногда делают отверстия, а диск тормозного механизма выполняют с вентилируемой внутренней поверхностью (рис. 6.11).

У скоростных автомобилей для интенсивного обдува тормозного механизма выполняют специальные аэродинамические устройства в виде воздухозаборников. На гоночных автомобилях применяют керамические диски, стойкие к перегреву, обеспечивающие хорошую эффективность торможения и высокую долговечность. В последнее время керамические тормозные диски (рис. 6.12) начали применять и на некоторых автомобилях серийного производства.



Рис. 6.12. **Тормозной механизм с керамическим диском**

Поршни обоих цилиндров соприкасаются с тормозными колодками, надетыми своими отверстиями на специальные направляющие пальцы суппорта, или вставленными в направляющие пазы. Для предотвращения дребезжания колодок, они прижимаются к суппорту пружинными элементами различных конструкций. К колодкам приклеены фрикционные накладки. На внутренней поверхности каждого цилиндра проточены канавки, в которых установлены резиновые уплотнительные кольца. Эти кольца не только предотвращают утечку тормозной жидкости из цилиндров, но и обеспечивают (за счет упругости) после торможения отвод поршней от колодок, автоматически поддерживая в необходимых пределах (0,05–0,08 мм) зазор между диском и колодками. Цилиндры закрыты резиновыми пылезащитными чехлами. С внутренней стороны тормоз закрыт кожухом. Некоторые колодки укомплектованы датчиком износа, который при минимально допустимом износе колодки замыкает цепь сигнального устройства, информирующего водителя о необходимости замены колодок.

На рис. 6.13 показан дисковый тормозной механизм, который применяется на автомобилях и прицепах с пневматическим приводом тормозов.

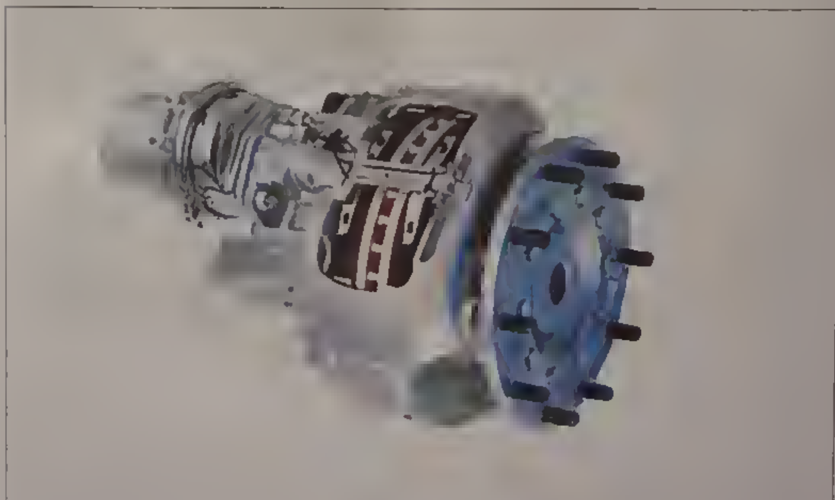


Рис. 6.13. **Дисковый тормозной механизм с пневматическим приводом**

§ 36

ТОРМОЗНОЙ ПРИВОД

Тормозной привод необходим для управления тормозными механизмами, т. е. для их включения, выключения и изменения режима работы. В настоящее время в тормозных системах применяются механический, гидравлический, пневматический, электрический, вакуумный и смешанный типы приводов. К смешанным относят пневмогидравлический, электропневматический, электрогидравлический, пневмомеханический и, наконец, более сложный — гидропневмогидравлический приводы. Все приводы имеют свои преимущества и недостатки и поэтому применяются в различных тормозных системах на разных типах автотранспортных средств.

Тормозной привод должен обеспечивать легкое, быстрое и одновременное приведение в действие тормозных механизмов. Он должен распределять приводное усилие между механизмами осей или колес в соответствии с изменением вертикальной нагрузки, приходящейся на них. Привод также должен обеспечивать пропорциональность между усилием на педали или рычаге и силами, приводящими тормоз в работу, иметь высокий КПД, быть несложным и надежным в эксплуатации. Наконец, привод должен обеспечивать движение колеса при торможении без полного блокирования.

Механический тормозной привод представляет собой систему тяг, рычагов, тросов, шарниров и т. п., соединяющих тормозную педаль с тормозными механизмами. До середины 1940-х гг. такой привод применялся в рабочей и стояночной тормозных системах. Главное преимущество механического привода — простота и надежность конструкции. В простейшем виде он состоит из тормозной педали, установленной в кабине водителя, соединенной тягами или тросами с разжимным устройством механического типа (см. рис. 6.5) колесных или трансмиссионных тормозов.

С установкой тормозных механизмов на все четыре колеса, вместо использовавшихся ранее двух, механический привод перестал применяться в рабочей системе. Это объясняется сложностью компоновки привода, а главное — невозможностью достигнуть в эксплуатации одновременного срабатывания всех четырех механизмов и сложностью распределения приводных сил между осями. Тщательные регулировки давали лишь кратковременный эффект. Множество шарнирных соединений и опор в механическом приводе приводило к большим потерям на трение. Этими потерями объясняется низкий КПД механического привода. Если в приводе используются тросы, то необходимы частые регулировки, т.к. тросы вытягиваются. Перечисленные недостатки определяют непригодность механического привода для рабочих тормозных систем современных колесных транспортных средств. Однако из-за неограниченного времени действия при удержании автомобилей и прицепов на уклонах и стоянках привод широко применяется в стояночных тормозных системах.

Обычный механический привод стояночной системы работает следующим образом (рис. 6.14). Для удержания автомобиля на стоянке водитель перемещает рычаг тормоза на себя. Это перемещение через тягу передается на уравнительный рычаг, который вытягивает тросы, проложенные к обоим тормозным механизмам задних колес.

В тормозном механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный одним своим концом с тормозной колодкой, а через планку — с другой колодкой. При вытягивании троса рычаг поворачивается и разводит колодки, прижимая их к барабану. В затянутом положении тяга и тросы удерживаются защелкой, входящей в зубья храпового механизма. Для растормаживания механического привода водитель немного приподнимает рычаг, утапливает в рукоятке кнопку и, удерживая ее в нажатом положении, опускает рычаг вниз. При на-

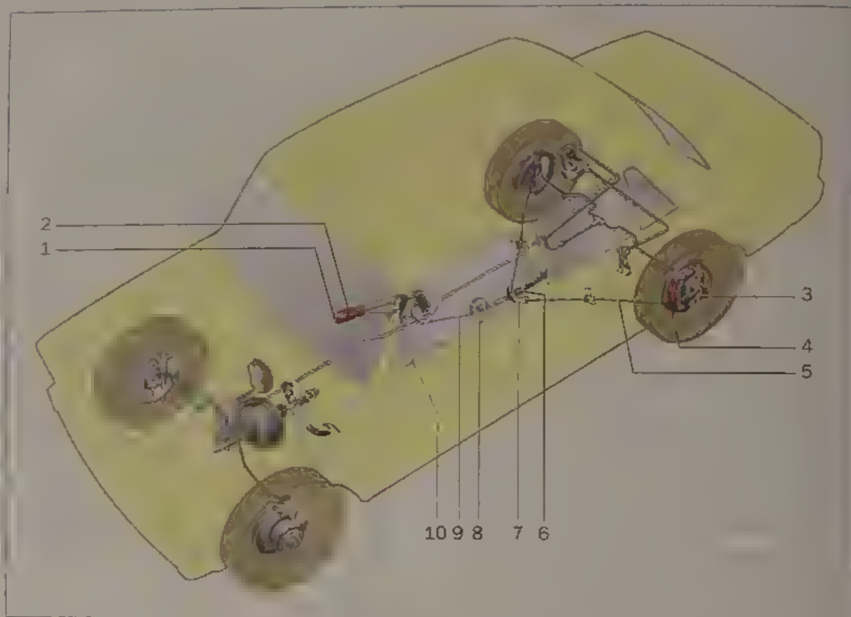


Рис. 6.14. **Механический привод стояночной тормозной системы:** 1 — кнопка рычага привода стояночного тормоза; 2 — рычаг привода стояночного тормоза; 3 — рычаг ручного привода колодок; 4 — задние тормозные колодки; 5 — задний трос; 6 — регулировочная гайка с контргайкой; 7 — уравнитель заднего троса; 8 — направляющий ролик; 9 — передний трос; 10 — упор выключателя сигнализатора включения стояночного тормоза

жатии кнопки фиксирующая защелка выходит из зацепления с зубьями механизма. Уравнительный рычаг обеспечивает подачу к обоим тормозам одинаковых приводных усилий и прижатие их колодок к барабану с одинаковыми силами.

Привод стояночной тормозной системы современных автомобилей и прицепов с энергоаккумулятором относится к пневматическому типу привода.

Энергоаккумулятор представляет собой мощную пружину, установленную внутри цилиндра и воздействующую на поршень со штоком. Поршень поднимается и опускается при изменении давления воздуха в цилиндре, которое водитель осуществляет специальным краном. При отсутствии давления воздуха под поршнем, пружина перемещает его со штоком в крайнее положение, что приводит к раздвиганию колодок клиновым или кулачковым механизмом и к затормаживанию автомобиля на стоянке. Пружина может удерживать автомобиль неограниченно долго. Для растормаживания воздух от крана подается под поршень, который переводится в первоначальное положение, при котором колодки механизма растормаживаются, а пружина сжимается, запасая энергию для последующего торможения.

Гидравлический тормозной привод автомобилей является гидростатическим, т. е. таким, в котором передача энергии осуществляется давлением жидкости. Принцип действия гидростатического привода основан на свойстве несжимаемости жидкости, находящейся в покое, передавать создаваемое в любой точке давление во все другие точки при замкнутом объеме.

Принципиальная схема гидропривода тормозов показана на рис. 6.2. Привод состоит из главного тормозного цилиндра, поршень которого связан с тормозной педалью, колесных цилиндров тормозных механизмов передних и задних колес, трубопроводов и шлангов, соединяющих все цилиндры, педали управления и усилителя приводного усилия. Трубопроводы, внутренние полости главного тормозного и всех колесных цилиндров заполнены тормозной жидкостью. Показанные на рисунке регулятор тормозных сил и модулятор антиблокировочной системы, при их установке на автомобиле, также входят в состав гидропривода.

При нажатии педали поршень главного тормозного цилиндра вытесняет жидкость в трубопроводы и колесные цилиндры. В колесных цилиндрах тормозная жидкость заставляет переместиться все поршни, вследствие чего колодки тормозных механизмов прижимаются к барабанам (или дискам). Когда зазоры между колодками и барабанами (дисками) будут выбраны, вытеснение жидкости из главного тормозного цилиндра в колесные станет невозможным. При дальнейшем увеличении силы нажатия на педаль в приводе увеличивается давление жидкости и начинается одновременное торможение всех колес. Чем большая сила приложена к педали, тем выше давление, создаваемое поршнем главного тормозного цилиндра на жидкость и тем большая сила воздействует через каждый поршень колесного цилиндра на колодку тормозного механизма. Таким образом, одновременное срабатывание всех тормозов и постоянное соотношение между силой на тормозной педали и приводными силами тормозов обеспечиваются самим принципом работы гидропривода. У современных приводов давление жидкости при экстренном торможении может достигать 10–15 МПа.

При отпускании тормозной педали она под действием возвратной пружины перемещается в исходное положение. В исходное положение своей пружиной возвращается также поршень главного тормозного цилиндра, стяжные пружины механизмов отводят колодки от барабанов (дисков). Тормозная жидкость из колесных цилиндров по трубопроводам вытесняется в главный тормозной цилиндр.

Преимуществами гидравлического привода являются быстрота срабатывания (вследствие несжимаемости жидкости и большой жесткости трубопроводов), высокий КПД, т. к. потери энергии связаны в основном с перемещением маловязкой жидкости из одного объема в другой, простота конструкции, небольшие масса и размеры вследствие большого приводного давления, удобство компоновки аппаратов привода и трубопроводов; возможность получения желаемого распределения тормозных усилий между осями автомобиля за счет различных диаметров поршней колесных цилиндров.

Недостатками гидропривода являются: потребность в специальной тормозной жидкости с высокой температурой кипения и низкой температурой загустевания; возможность выхода из строя при разгерметизации вследствие утечки жидкости при повреждении, или выхода из строя при попадании в привод воздуха (образование паровых пробок); значительное снижение КПД при низких температурах (ниже минус 30 °С); трудность использования на автопоездах для непосредственного управления тормозами прицепа.

Для использования в гидроприводах выпускаются специальные жидкости, называемые тормозными. Тормозные жидкости изготавливают на разных основах, например спиртовой, гликолевой или масляной. Их нельзя смешивать между собой из-за ухудшения свойств и образования хлопьев. Во избежание разрушения резиновых деталей тормозные жидкости, полученные из нефтепродуктов, допускается применять только в гидроприводах, в которых уплотнения и шланги выполнены из маслостойкой резины.

Как было сказано выше, для повышения безопасности автомобиля он обязательно оборудуется запасной тормозной системой, которая используется при выходе из строя рабочей системы. При использовании гидропривода он всегда выполняется двухконтурным, причем работоспособность одного контура не зависит от состояния второго. При такой схеме при

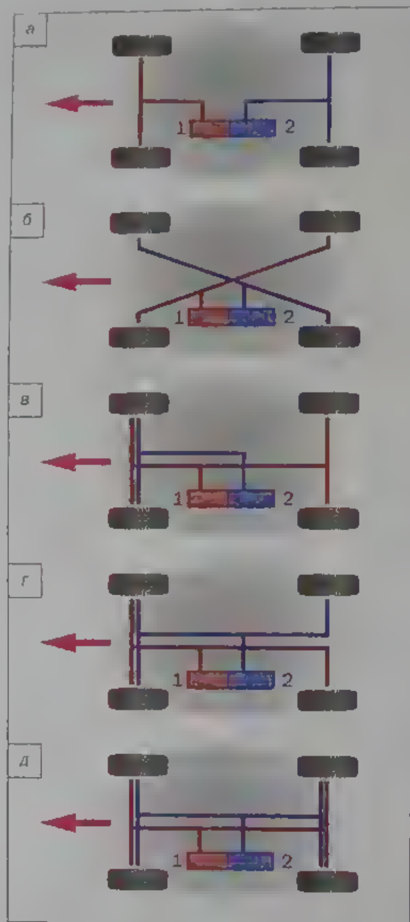


Рис. 6.15. **Способы разделения тормозного привода на два (1 и 2) независимых контура**

единичной неисправности выходит из строя не весь привод, а лишь неисправный контур. Исправный контур играет роль запасной тормозной системы, с помощью которой автомобиль останавливается.

Четыре тормозных механизма и их колесные цилиндры могут быть разнесены на два независимых контура различными способами, как показано на рис. 6.15.

На схеме (рис. 6.15а) в один контур объединены первая секция главного цилиндра и колесные цилиндры передних тормозов. Второй контур образован второй секцией и цилиндрами задних тормозов. Такая схема с осевым разделением контуров применяется, например, на автомобилях УАЗ-3160, ГАЗ-3307. Более эффективной считается диагональная схема разделения контуров (рис. 6.15б), при которой в один контур объединяют колесные цилиндры правого переднего и левого заднего тормозов, а во второй контур — колесные цилиндры двух других тормозных механизмов (ВАЗ-2112). При такой схеме в случае неисправности всегда можно затормозить одно переднее и одно заднее колесо.

В остальных схемах, представленных на рис. 6.15, после отказа сохраняют работоспособность три или все четыре тормозных механизма, что еще больше повышает эффективность запасной системы. Так, гидропривод тормозов автомобиля Москвич-21412 (рис. 6.15в) выполнен с использованием двухпоршневого суппорта дискового механизма на передних колесах с большим и малым поршнями. Как видно из схемы, при отказе одного из контуров исправный контур запасной системы действует либо только на большие поршни суппорта переднего тормоза, либо на задние цилиндры и малые поршни переднего тормоза. В схеме (рис. 6.15г) исправным всегда остается один из контуров, объединяющий колесные цилиндры двух передних тормозов и одного заднего (автомобиль Volvo). Наконец, на рис. 6.15д показана схема с полным дублированием (ЗИЛ-41045), в которой любой из контуров осуществляет торможение всех колес. В любой схеме обязательным является наличие двух независимых главных тормозных цилиндров. Конструктивно чаще всего это бывает сдвоенный главный цилиндр тандемного типа, с последовательно расположенными независимыми цилиндрами в одном корпусе и приводом от педали одним штоком. Но на некоторых автомобилях применяют два обычных главных цилиндра, установленных параллельно с приводом от педали через уравнительный рычаг и два штока.

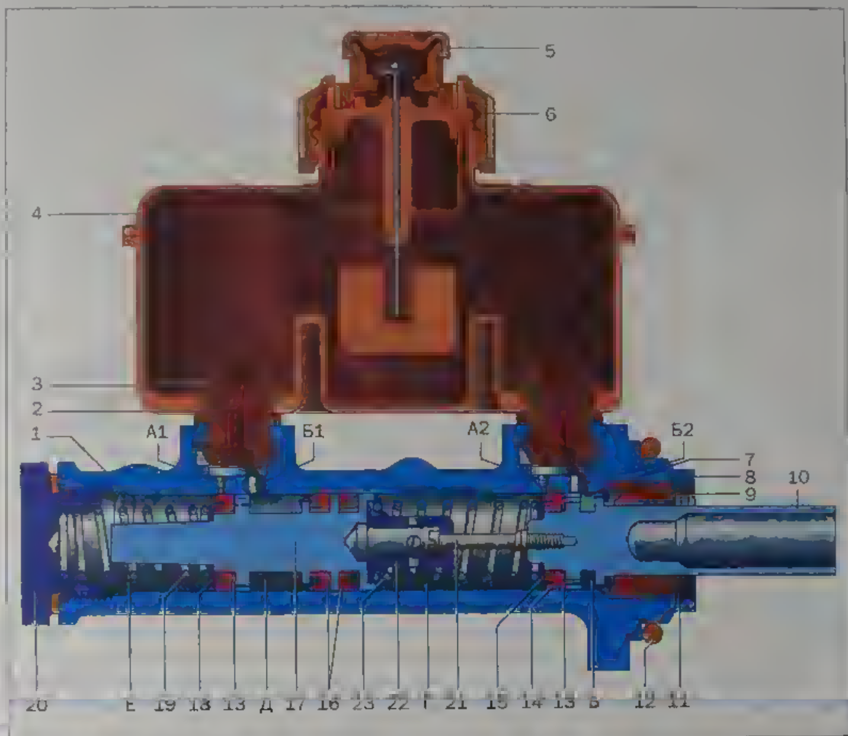


Рис. 6.16. **Главный тормозной цилиндр типа тандем:** А1, А2 — компенсационные отверстия; Б1, Б2 — перепускные отверстия; В, Г, Д, Е — полости; 1 — корпус; 2 — трубка; 3 — соединительная втулка; 4 — бачок; 5 — защитный колпачок; 6 — датчик сигнализатора аварийного падения уровня тормозной жидкости; 7 — упорное кольцо; 8 — наружная манжета; 9 — направляющая втулка; 10, 17 — поршни; 11 — стопорное кольцо; 12 — уплотнительное кольцо; 13 — шайба поршня; 14, 16 — манжеты; 15, 18 — упорные шайбы; 19 — пружина; 20 — пробка; 21 — болт держателя пружины; 22 — держатель пружины; 23 — пружина

Главный тормозной цилиндр типа тандем показан на рис. 6.16.

В корпусе друг за другом (тандемно) размещены два поршня. В первый поршень упирается шток усилителя тормозов, второй поршень установлен свободно. Поршни уплотняются в цилиндре двумя резиновыми кольцами. В исходном расторможенном положении поршни прижимаются к ограничителям возвратными пружинами. На верхней части главного цилиндра через резиновые втулки закреплен бачок с запасом тормозной жидкости. Бачок внутри разделен перегородкой на два объема, соединенные каналами с полостями соответствующих секций главного цилиндра. Стенки бачка прозрачные, на них выполнены метки, по которым осуществляется визуальный контроль за уровнем жидкости в бачке. В крышке бачка имеется датчик аварийного уровня поплавкового типа. При падении уровня жидкости ниже определенного уровня на приборном щитке автомобиля загорается сигнальная лампа. Бачок служит для пополнения жидкости в гидроприводе в случае небольших утечек.

При торможении шток усилителя тормозов перемещает первый поршень, который при этом в полости перед поршнем и в соединенном с ней трубопроводом контуре системы создает давление жидкости. Это же давление воздействует на второй поршень, который, перемещаясь, создает давление во втором контуре.

Если в результате повреждения привода произойдет утечка жидкости из контура переднего поршня, то при нажатии тормозной педали первый поршень совершит большее перемещение и войдет в контакт со свободным поршнем. В камере свободного поршня будет создано давление жидкости, которое приведет в действие тормоза исправного контура. В случае утечки жидкости из контура свободного поршня при нажатии тормозной педали он упирается в ограничитель, в результате чего обеспечивается создание избыточного давления жидкости в камере первого поршня и в соответствующем контуре привода.

Для снижения усилия, прилагаемого водителем на тормозную педаль, в гидравлическом приводе получили распространение специальные устройства — **усилители.** Усилители устанавливаемые в гидравлический привод в качестве постороннего источника энергии, позволяют использовать энергию сжатого воздуха (пневмоусилители); разрежение, образующееся во впускном трубопроводе работающего двигателя или создаваемое вакуумным насосом (вакуумные усилители); или энергию давления рабочей жидкости, создаваемого насосом высокого давления (гидроусилители). В последнее время также разработаны конструкции электроусилителей. Усилители значительно облегчают тормозное управление. Неработающий усилитель не препятствует штатному торможению автомобиля от педали.

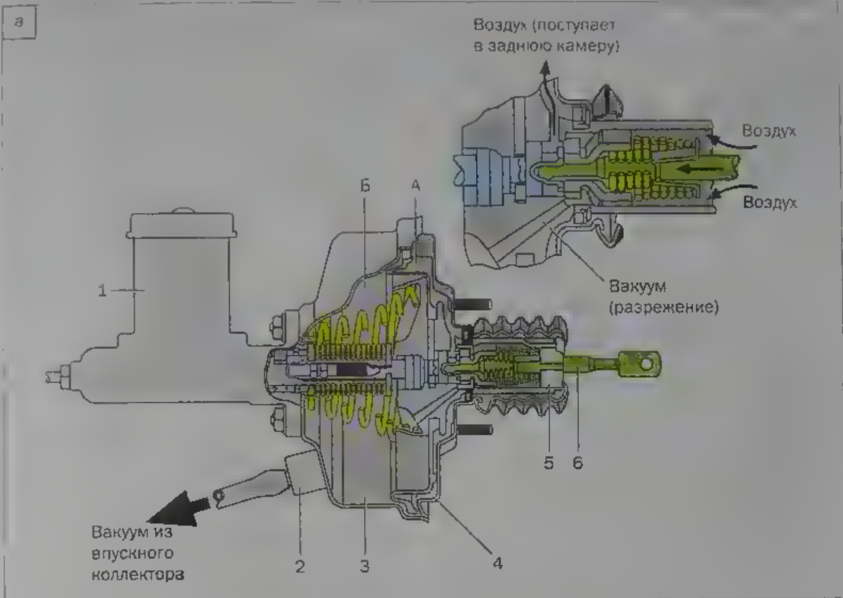
На рис. 6.17 изображены схемы гидропривода тормозов с вакуумным и пневматическим (гидравлическим) усилителями.

Также встречаются усилители гидровакуумного типа, которые по принципу действия являются разновидностью усилителей вакуумного типа. В отличие от вакуумных, которые всегда установлены между тормозной педалью и главным цилиндром, гидровакуумные усилители могут размещаться в любом месте, что облегчает их компоновку на автомобиле.

Наибольшее распространение получил вакуумный усилитель (рис. 6.17а). Он имеет камеру, разделенную резиновой диафрагмой на две полости: вакуумную Б и атмосферную А. Вакуумная полость Б соединена трубопроводом с источником разрежения, и давление в ней ниже атмосферного. Атмосферная полость А через следящий клапан соединяется либо с вакуумной камерой в расторможенном состоянии, либо с атмосферой при торможении. Диафрагма с одной стороны соединена со штоком для привода поршня главного цилиндра, а с другой стороны через следящий клапан в нее упирается толкатель от тормозной педали. В исходном положении давление в обеих камерах усилителя одинаковое и равно давлению источника разрежения. Имеется возвратная пружина, которая отводит в первоначальном положении диафрагму со штоком от поршня главного цилиндра.

При нажатии педали тормоза усилие от нее передается через толкатель к следящему клапану усилителя, который сначала закрывает вакуумное отверстие и отсоединяет атмосферную камеру А от источника разрежения, а затем соединяет ее через открывшееся атмосферное отверстие клапана с атмосферой. Давление в полостях А и Б оказывается различным, в результате диафрагма перемещается в сторону меньшего давления, а на ее штоке появляется сила, которая суммируется с усилием толкателя педали и перемещает поршень главного цилиндра. Усилитель устроен таким образом, что дополнительное усилие всегда пропорционально усилию на толкателе. Чем сильнее водитель воздействует на педаль, тем эффективнее работа усилителя. Максимальное дополнительное усилие в 3–5 раз превосходит усилие ноги водителя. Его дальнейшее увеличение возможно только за счет увеличения числа камер или диаметра диафрагмы.

При растормаживании атмосферная камера А через следящий клапан вновь соединяется с источником разрежения, давление в камерах А и Б выравнивается, диафрагма возвращается в исходное положение.



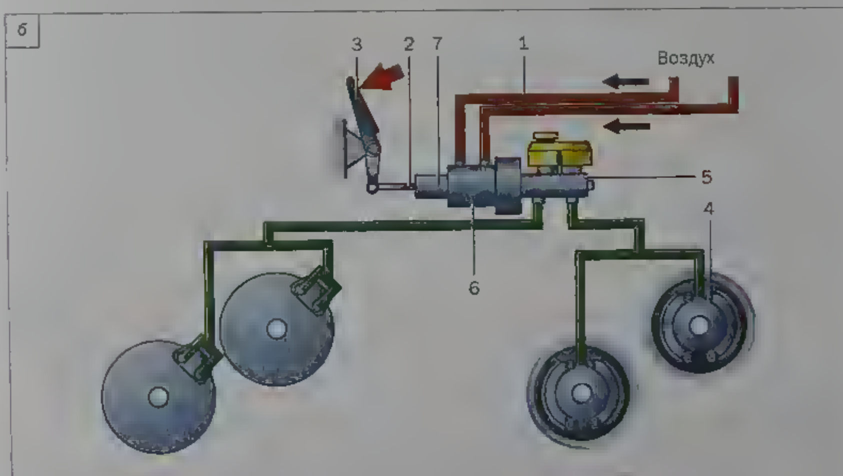


Рис. 6.17. **Схемы гидропривода тормозов с вакуумным усилителем (а):** А — атмосферная полость; Б — вакуумная полость; 1 — бачок главного тормозного цилиндра; 2 — запорный клапан; 3 — вакуумная камера; 4 — диафрагма; 5 — воздушный фильтр; 6 — шток педали тормоза; **с пневматическим (гидравлическим) усилителем (б):** 1 — подвод воздуха; 2 — шток; 3 — педаль; 4 — тормозные механизмы; 5 — главный цилиндр; 6 — силовой цилиндр; 7 — следящий клапан (распределитель)

В трубе, соединяющей вакуумную камеру Б с источником разрежения, устанавливают обратный клапан. Он разъединяет усилитель и источник разрежения при остановке двигателя или отказе вакуумного насоса. Вследствие этого в камере усилителя поддерживается разрежение, которое позволяет произвести 3–4 эффективных торможения даже при неработающем двигателе или насосе.

Пневматический усилитель (рис. 6.17б) имеет баллон с запасом сжатого воздуха, следящий клапан и силовой цилиндр с поршнем или диафрагмой. Шток силового цилиндра приводит в движение поршни главного тормозного цилиндра. При торможении толкатель педали воздействует на шток, который передает усилие одновременно на шток силового цилиндра и на следящий клапан. Последний открывается и пропускает воздух под давлением из баллона в полость силового цилиндра. Гидравлический усилитель имеет гидронасос, бачок с запасом рабочей жидкости, следящий распределитель, соединенный со штоком и поршнем силового цилиндра. Как и в пневмоусилителе, шток силового цилиндра воздействует на поршень главного тормозного цилиндра. Иногда поршень силового цилиндра отсутствует и его функции выполняет непосредственно поршень главного цилиндра.

Если торможение не осуществляется, нагнетаемая насосом жидкость проходит через каналы распределителя и сливается обратно в бачок. При нажатии педали в распределителе перекрывается слив жидкости в бачок и открывается его проход в полость силового цилиндра. Усилия на штоке от педали и от давления жидкости на поршень силового цилиндра складываются и передаются на поршень главного тормозного цилиндра.

При торможении происходит динамическое перераспределение воздействующих на переднюю и заднюю оси нагрузок, заключающееся в увеличении доли общей нагрузки на передние колеса и уменьшении на задние. Это может часто приводить к тому, что тормозные силы на задних колесах превышают силы сцепления шин с дорогой, в результате чего происходит блокировка и скольжение колес. Наличие регулятора давления снижает вероятность этого явления.

Регулятор тормозных сил автомобиля автоматически изменяет давление жидкости в приводе задних тормозов в зависимости от нагрузки на заднюю ось. При этом ограничивается возрастание тормозных сил на задних колесах при частичной загрузке автомобиля с целью установить желаемую очередность блокирования колес. Для предотвращения заноса автомобиля при торможении желательна следующая очередность блокирования колес: сначала передние, а затем задние. Уменьшение возможности блокировки задних колес повышает безопасность движения.

Степень снижения давления в контуре задних колес относительно передних устанавливают пропорционально величине загрузки автомобиля, которую определяют по загрузке задней подвески. Но полностью защитить колеса от блокировки и скольжения регулятор тормозных сил все-таки не может.

Существует еще одна разновидность гидравлического тормозного привода, который называется гидропривод высокого давления или насосно-аккумуляторный привод. Такой привод применяется, например, на карьерных самосвалах БелАЗ. Воздействуя на тормозную педаль в этом приводе, водитель не создает давление в цилиндрах тормозов, а лишь гидравлически открывает или закрывает клапаны двухсекционного следящего гидрокрана высокого давления. В свою очередь, эти секции подключены к гидроаккумуляторам с запасом рабочей жидкости под большим давлением и к тормозным камерам. Если торможения не происходит, секции гидрокрана не пропускают жидкость в тормозные цилиндры. Когда нажимается педаль тормоза, срабатывает главный цилиндр тандемного типа, жидкость от него поступает на управление секциями крана, которые, в свою очередь, открываются и пропускают жидкость из гидроаккумулятора к тормозным механизмам.

Отдельной разновидностью гидравлического и механического привода являются тормоза наката (рис. 6.18), использующиеся на легких автомобильных прицепах (полной массой до 3,5 т).

Тормоз наката с гидроприводом работает следующим образом.

Когда автопоезд движется без торможения, тягач буксирует за собой прицеп за шток тормоза, который упирается в ограничитель хода. При движении накатом, под уклон или на неровной дороге в сцепке могут возникать небольшие усилия сжатия, вследствие того что тягач движется медленнее прицепа. Однако они не вызывают торможения прицепа, т. к. не превосходят усилия ограничительной пружины. При торможении тягача прицеп сильнее накатывается на тягач, усилие в сцепке становится больше усилия пружины и шток смещается в сторону главного цилиндра. Величина перемещения увеличивается за счет специального рычага и передается на поршень главного тормозного цилиндра, в котором создается давление жидкости. Увеличение давления приводит к срабатыванию тормозных механизмов и затормаживанию прицепа. Прицеп тормозится до тех пор, пока тормозит тягач и в сцепке есть сила сжатия. Если тягач продолжает движение без торможения, то сила сжатия исчезает, шток перемещается в направляющей в сторону тягача и упирается в ограничитель. Давление жидкости в гидроприводе исчезает, и прицеп растормаживается. Электроклапан необходим для движения автопоезда задним ходом. Возникающая при этом сила сжатия между тягачом и прицепом не приводит к торможению последнего, т. к. одновременно с включением заднего хода в трансмиссии ток поступает к фонарям заднего хода, а от них — на электроклапан, который при своем срабатывании перекрывает пропуск рабочей жидкости от главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам.

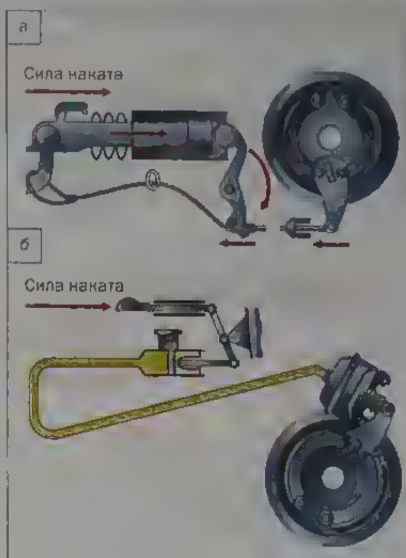


Рис. 6.18. **Схемы тормоза наката: а — с механическим приводом; б — с гидроприводом**

Механический привод тормоза наката работает по аналогичному принципу. Перемещение штока приводит к вытягиванию тросов или перемещению тяг, соединенных с разжимным устройством тормозов. Блокировка штока при движении задним ходом выполняется специальным электромеханическим устройством.

Пневматический тормозной привод для затормаживания автомобиля или прицепа использует сжатый воздух.

Преимущества и недостатки пневматического привода во многом противоположны гидравлическому приводу. Так, к преимуществам относят неограниченные запасы и дешевизну рабочего тела (воздух), сохранение работоспособности при небольшой разгерметизации, т. к. возможная утечка компенсируется подачей воздуха от компрессора, возможность использования на автопоездах для непосредственного управления тормозами прицепа, использование в других устройствах, таких как пневматический звуковой сигнал, привод переключения многоступенчатых коробок передач, усилитель сцепления, привод дверей автобуса, подкачка шин и т. п.

Недостатками пневмопривода являются: большое время срабатывания вследствие медленного поступления сжатого воздуха к удаленным воздухонаполняемым объемам через трубопроводы с малым диаметром, сложность конструкции, большие масса и размеры агрегатов из-за

относительно небольшого рабочего давления, возможность выхода из строя при замерзании конденсата в трубопроводах и аппаратах при отрицательных температурах.

Простейший пневматический тормозной привод автомобиля (рис. 6.19а) состоит из ресивера, в который подается сжатый воздух из компрессора, крана, приводимого в действие от педали, и тормозной камеры, шток которой связан с разжимным кулаком тормозного механизма.

При торможении поворотная пробка крана соединяет внутреннюю полость тормозной камеры с ресивером и сжатый воздух, воздействующий на диафрагму, приводит в работу тормозной механизм (рис. 6.19б). Давление воздуха в тормозной камере устанавливается такое же, как в ресивере. При повороте пробки крана в другое положение (рис. 6.19а) сжатый воздух выходит из камеры в атмосферу. Разжимной кулак возвращается в первоначальное положение и происходит растормаживание.

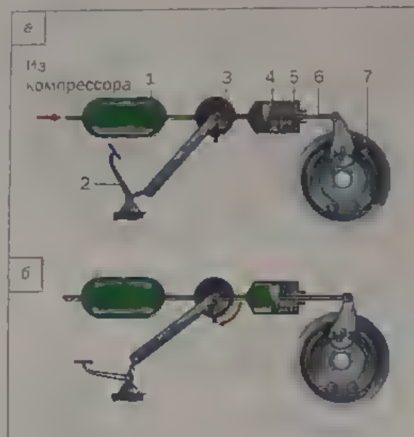


Рис. 6.19. **Простейший пневматический тормозной привод автомобиля:** 1 — ресивер; 2 — педаль; 3 — кран; 4 — тормозной цилиндр; 5 — пружина; 6 — шток тормозного механизма; 7 — тормозная колодка

Реальный пневматический привод современного автомобиля намного сложнее. Принципиальная схема пневматического привода тормозов грузового автомобиля и прицепа показана на рис. 6.20.

Привод тягача содержит аппараты подготовки воздуха, аппараты контуров рабочей, стояночной и запасной систем тягача, аппараты управления тормозами прицепа. Привод прицепа включает аппараты рабочей и стояночной систем.

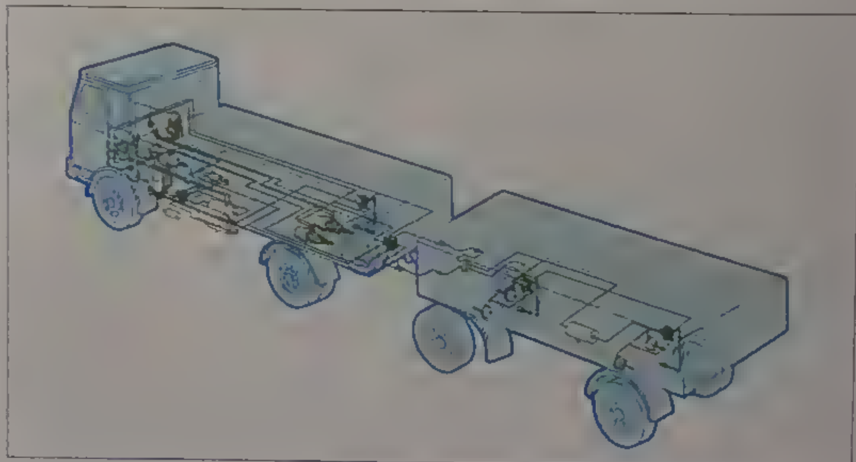


Рис. 6.20. **Принципиальная схема пневматического привода тормозов грузового автомобиля и прицепа**

Воздух от компрессора поступает через регулятор давления, влагоотделитель к четырехконтурному защитному клапану (все эти устройства составляют систему подготовки воздуха). Тормозная система выполнена многоконтурной. К контуру привода передних тормозных механизмов относятся: ресивер с запасом воздуха, одна из секций тормозного крана, модуляторы антиблокировочной системы (АБС) и тормозные камеры передних тормозных механизмов. К контуру задних тормозных механизмов принадлежит второй ресивер, вторая секция тормозного крана, регулятор тормозных сил, модуляторы АБС и две тормозные камеры с пружинными энергоаккумуляторами. На трехосных автомобилях тормозные камеры задних осей обычно входят в состав заднего контура. На многоосных автомобилях тормозные камеры группируются в контуры различными вариантами, например, 1–2 и 3–4 оси или 1–3 и 2–4 оси. Третий контур является контуром стояночной системы и состоит из ресивера, тормозного крана со следящим действием, которым управляет водитель, ускорительного клапана и энергоаккумуляторов. Контур вспомогательной системы содержит кран управления и два пневмоцилиндра. Для управления тормозами прицепа на автомобиле-тягаче также имеются одинарный защитный клапан, клапан управления тормозами прицепа и соединительные головки.

Привод полуприцепа или прицепа имеет две соединительные головки, два магистральных фильтра, воздухораспределительный клапан, ручной кран стояночной системы без следящего действия, ресивер, регулятор тормозных сил, модуляторы АБС, тормозные камеры с энергоаккумуляторами или без них. Соединение пневмопривода тягача и прицепа выполняют двумя трубопроводами, которые образуют питающую и управляющую магистрали. Реальная схема конкретного автомобиля может отличаться от рассмотренной наличием или отсутствием дополнительных приборов.

Сжатие воздуха для пневматического тормозного привода осуществляется компрессором, приводящимся в действие непосредственно от двигателя автомобиля. Максимальное давление, создаваемое компрессором, может достигать 1,5 МПа. Максимальное рабочее избыточное давление воздуха в ресиверах привода составляет 0,65–0,8 МПа и автоматически ограничивается регулятором давления.

Атмосферный воздух имеет определенный процент влажности. При сжатии компрессором он нагревается, а при движении по трубопроводам и через аппараты привода — остывает. При этом из сжатого воздуха выделяется влага, которая ускоряет коррозию внутренних поверхностей системы, смывает смазку и, главное, может замерзнуть в трубопроводах и аппаратах при отрицательной температуре, что приведет к отказу тормозов. Для удаления влаги (очистки воздуха) в питающей части привода, до или после регулятора давления, устанавливают влагоотделители. Очистка сжатого воздуха от влаги в них осуществляется термодинамическим или адсорбционным способом. Третий способ защиты — перевод конденсата в состояние низкозамерзающей жидкости. Для этого в специальном аппарате — спиртонасытителе — при низких температурах окружающей среды в сжатый воздух вводят пары спирта, которые, смешиваясь с выделившейся влагой, образуют раствор (антифриз) с низкой температурой замерзания.

Четырехконтурный защитный клапан, разделяет привод на четыре, действующих независимо друг от друга, контура. Защитный клапан позволяет двигаться воздуху только в направлении к ресиверам, защищая запас воздуха в ресиверах при разгерметизации на участке аппаратов подготовки воздуха. Одновременно он защищает исправные контуры от неисправного в случае обрыва в одном из них, не позволяя выйти воздуху в атмосферу сразу из всех ресиверов привода. Одинарный защитный клапан отключает привод тягача в случае разрыва питающего трубопровода прицепа. На некоторых автомобилях вместо четырехконтурного применяют двойные или тройные защитные клапаны аналогичного назначения. Пройдя через четырехконтурный клапан, сжатый воздух заполняет ресиверы контуров

Работой любого контура рабочей системы управляет одна секция тормозного крана. Тормозной кран — это следящий аппарат, через который воздух при торможении поступает из ресивера в рабочие аппараты. Он управляется тормозной педалью в кабине водителя. При растормаживании через тормозной кран воздух из привода выпускается в атмосферу.

Регулятор тормозных сил и модулятор АБС корректируют давление воздуха в контурах при торможении.

Стояночной тормозной системой управляют с помощью ручного тормозного крана, установленного в кабине водителя. Исполнительным элементом контура являются энергоаккумуляторы. Между краном и энергоаккумулятором размещен ускорительный клапан. Тормозной кран уменьшает или увеличивает давление в полости ускорительного клапана, который в соответствии с этим либо пропускает из ресивера воздух в цилиндр энергоаккумулятора, а значит, повышает в нем давление, либо для снижения давления в цилиндре выпускает воздух из него в атмосферу. Чтобы обеспечить быстрый выпуск воздуха из энергоаккумуляторов при торможении ускорительный клапан располагают максимально близко от них. Два крайних, фиксированных, положения рукоятки соответствуют максимальному избыточному давлению воздуха в энергоаккумуляторах или атмосферному. При промежуточных положениях рукоятки давление также может принимать любое промежуточное значение, что позволяет использовать данный контур в качестве контура запасной тормозной системы и производить плавное торможение.

Контур вспомогательной системы позволяет включать в работу моторный тормоз — замедлитель. При нажатии кнопки крана воздух поступает в пневмоцилиндры контура, а при отпускании — выходит в атмосферу. Из-за малого расхода воздуха этот контур не имеет собственного ресивера.

Магистраль, питающая ресивер прицепа сжатым воздухом (питающая магистраль), начинается от одинарного защитного клапана, а управляющая процессом торможения прицепа — от клапана управления тормозами прицепа. Подача сжатого воздуха в ресивер прицепа производится постоянно, независимо от того, происходит торможение тягача или нет. Управляющая магистраль используется для подачи команды на прицеп о начале торможения и его интенсивности. Команда подается путем изменения давления воздуха в управляющем трубопроводе. Чем больше давление в трубопроводе, тем интенсивнее тормозится прицеп. Максимальной интенсивности торможения соответствует максимальное давление в магистрали, при расторможенном состоянии полуприцепа избыточное давление в магистрали отсутствует. Давление в управляющей магистрали изменяется с помощью клапана управления тормозами прицепа. Он соединен с обоими контурами рабочей системы через контур стояночной системы. При торможении рабочей системой тягача воздух от обоих контуров поступает в клапан, который срабатывает и увеличивает давление в управляющей магистрали. Если выходит из строя один из рабочих контуров, торможение прицепа осуществляется по команде от исправного контура. При торможении стояночной системой тягача уменьшение давления в ее контуре приводит к срабатыванию клапана, и также осуществляется торможение прицепа. Помимо штатного режима торможения клапан обеспечивает аварийное управление тормозами прицепа при разрыве питающей магистрали. Для этого он снабжен специальным устройством обрыва, который уменьшает давление в питающей магистрали, если командное давление от контуров тягача на вход аппарата поступает, а давление на выходе аппарата не увеличивается.

Для управления торможением прицепа его воздухораспределитель соединен с управляющей и питающей магистралями, с ресивером и тормозными камерами. По своим функциям воздухораспределительный клапан прицепа аналогичен тормозному крану на тягаче, но управляется он не педалью, а командным давлением воздуха, поступающим от тягача. В расторможенном состоянии воздух по питающей магистрали через воздухораспределитель за-

полнит ресивер прицепа, при этом давление в управляющей магистрали отсутствует. Максимальное давление воздуха в ресивере прицепа равно максимальному давлению в ресиверах автомобиля.

При торможении тягача с помощью рабочей или стояночной тормозной системы давление в управляющей магистрали увеличивается, что приводит к срабатыванию воздухораспределителя, который подает воздух из ресивера прицепа в тормозные камеры. Когда давление в управляющей магистрали снижается, прицеп растормаживается. Кроме того, торможение прицепа происходит всегда при уменьшении давления воздуха в питающем трубопроводе ниже 0,48 МПа, что может происходить при обычной расцепке тягача от прицепа на стоянке или при срабатывании клапана обрыва на тягаче. Такое затормаживание остановит прицеп при его полном отрыве от тягача во время движения. Растормаживание осуществляется или автоматически при последующем увеличении давления свыше 0,48 МПа, или вручную — специальной кнопкой на воздухораспределителе. Регулятор тормозных сил и модулятор АБС предназначены для корректирования давления воздуха, поступающего от воздухораспределителя к тормозным камерам. Схема работы и устройство модуляторов АБС будет описано ниже.

Торможение прицепа стояночной системой производится краном, который выпускает воздух из энергоаккумуляторов тормозов прицепа.

Некоторые прицепы могут снабжаться электромагнитным клапаном, который служит для включения тормозной системы прицепа при торможении автомобиля вспомогательной тормозной системой (моторным тормозом-замедлителем). При подаче электросигнала электромагнитному клапану от тягача он обеспечивает поступление сжатого воздуха из ресивера к тормозным камерам.

Смешанные тормозные приводы представляют собой комбинацию нескольких типов обычных приводов. При их разработке стремятся максимально использовать преимущества отдельных приводов и избежать недостатков, присущих им каждому в отдельности.

Этот привод позволяет получить высокое быстродействие, присущее гидравлическому приводу, и бо́льшие усилия, характерные для пневматического привода. Помимо этого гидравлическая часть смешанного тормозного привода обеспечивает одновременное начало торможения всех колес автомобиля и обладает другими достоинствами, свойственными гидравлическим тормозным приводам, а пневматическая часть — легкость управления и позволяет создавать и управлять тормозными усилиями на буксируемом прицепе.

Смешанный электропневматический тормозной привод (ЭПП) получил распространение сравнительно недавно. Он представляет собой комбинацию электрического и пневматического приводов (рис. 6.21). Если в пневмоприводе затормаживание колес и управление аппаратами осуществляется сжатым воздухом, то в ЭПП воздух используют только в первом случае. Управление всеми аппаратами осуществляется электрическим путем.

Преимуществами электропневмопривода являются: уменьшение времени срабатывания особенно удаленных осей прицепа или полуприцепа; уменьшение тормозного пути; оптимальное распределение тормозных сил между передними и задними колесами автомобиля; уменьшение сжимающих усилий в сцепке автопоезда за счет одновременности срабатывания тормозов на всех звеньях автопоезда; увеличение устойчивости автопоезда (снижение риска складывания); непрерывный контроль за исправностью элементов привода, осуществляемый бортовой диагностикой; возможность дальнейшей автоматизации управления движением автомобиля за счет использования электронного управления тормозами; упрощение привода, по сравнению с пневматическим, за счет объединения функций нескольких аппаратов в одном.

ЭПП начал развиваться с простого использования электроклапана без следящего действия для подачи воздуха в тормозные камеры пневмопривода с целью ускорения срабатывания. Впоследствии были разработаны специальные комбинированные тормозные аппара-

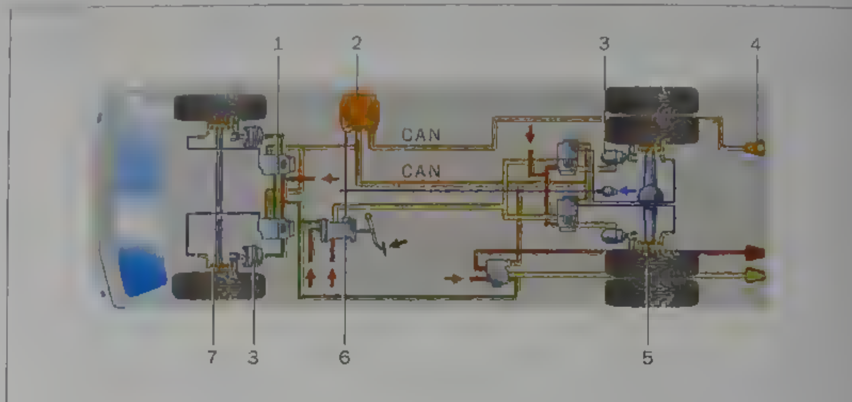


Рис. 6.21. **Схема электропиевматического привода автомобиля-тягача:** 1 — модулятор ЭПП с датчиком давления воздуха; 2 — блок управления; 3 — тормозная камера; 4 — электрический разъем ЭПП; 5 — датчик АБС/ПБС; 6 — комбинированный электропневматический тормозной кран; 7 — датчик АБС

ты, получившие управление от электронного блока управления. В таком виде электропневматический привод начал серийно применяться на тяжелых автомобилях и прицепах с середины 90-х гг. Он устанавливается только в рабочей тормозной системе.

При использовании электрического сигнала в цепи управления приводом всегда имеется опасность нарушения контактов, сбоя в работе компьютера или механического повреждения проводников. Это приводит к полному выходу тормозного привода из строя и поэтому любая схема современного ЭПП предусматривает выполнение одного или нескольких контуров тягача и управление прицепом с параллельным дублированием традиционным пневматическим приводом. При выходе из строя ЭПП торможение автомобиля с эффективностью запасной системы может быть реализовано этим сохраненным участком пневматического привода.

Аппараты подготовки воздуха не отличаются от применяемых в пневматическом приводе. В исполнительной пневматической части ЭПП имеет независимые пневматические контуры с собственными ресиверами, комбинированный тормозной кран, осевой модулятор, следящий электроклапан, клапан пневматического дублирования, комбинированный клапан управления тормозами прицепа. Помимо них использованы традиционные аппараты пневмопривода в стояночной и вспомогательной (на схеме не показана) системах, включая тормозные камеры и модуляторы АБС на передней оси.

Управляющая электрическая часть привода содержит источник тока, электронный блок управления, набор датчиков давления, усилия или перемещения воздуха и электроклапанов, встроенных в аппараты ЭПП, унифицированный для всех автомобилей электрический разъем для подачи команд на прицеп. Дополнительно используются датчики давления воздуха в пневмоподвеске и некоторые другие. Блок управления ЭПП может обмениваться информацией с другими бортовыми электронными системами управления. Естественно, как и другие типы приводов, ЭПП должен обладать следящим действием.

При нажатии тормозной педали датчик перемещения подает в блок управления пропорциональный сигнал о необходимом давлении воздуха в тормозных камерах. Блок управления обрабатывает этот сигнал, корректирует его в зависимости от степени загрузки передней и задней оси и подает команды на электроклапаны осевого модулятора и следящего

электроклапана. Электроклапаны открываются, и воздух из ресиверов заполняет тормозные камеры. Одновременно датчики давления аппаратов подают сигнал обратной связи в блок управления о величине давления воздуха на выходе аппаратов. Когда требуемая величина давления будет достигнута, блок управления подаст команду электроклапанам на удержание данного давления. Если педаль будет отпущена, то с электроклапанов снимается напряжение, воздух из тормозных камер выходит в атмосферу и торможение прекращается. Точно так же работает комбинированный клапан управления тормозами прицепа, изменяя давление воздуха в управляющей магистрали.

§ 37

АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

При экстренном торможении (особенно на мокром дорожном покрытии) значительное усилие на педаль тормоза может привести к блокировке колес. Сцепление шин с дорожным покрытием в этом случае резко ослабевает и управляемость падает с возникновением заноса. Это связано с тем, что при блокировке колеса весь запас по сцеплению колеса с дорогой используется в продольном направлении и оно перестает воспринимать боковые силы, которые удерживают автомобиль на заданной траектории (рис. 6.22).

Торможение колеса без блокировки позволяет реализовывать как продольные силы F_U в контакте колеса с дорогой (торможение), так и поперечные F_S (управляемость, устойчивость). Кроме того, как было отмечено выше, катящееся колесо имеет бóльший запас по сцеплению, чем заблокированное.

Первые патенты на антиблокировочные системы (АБС) появились в конце 20-х гг. Однако лишь в 1969 г. началась серийная установка антиблокировочной системы (АБС) тормозов на легковом автомобиле, а впоследствии и на грузовом.

Применение АБС способствовало:

— повышению активной безопасности автомобиля, т. е. повышению тормозной эффективности (особенно на скользких поверхностях), улучшению устойчивости и управляемости;
— увеличению средней скорости движения;
— продлению срока службы шин.

По существующим международным нормам сегодня в обязательном порядке должны оборудоваться антиблокировочной системой следующие транспортные средства:

— грузовые автомобили весом более 3,5 т;
— автобусы весом более 5 т;
— прицепы и полуприцепы весом более 5 т.

Другие автотранспортные средства, в т. ч. легковые автомобили оборудуются АБС по желанию покупателя или по инициативе фирм-изготовителей автомобилей. Следует отметить, что для большинства современных легковых автомобилей АБС уже стала штатным оборудованием.

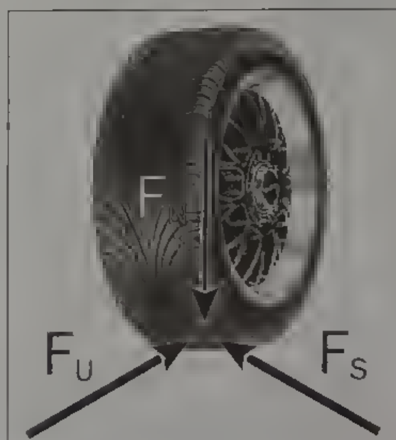


Рис. 6.22. **Силы, действующие в контакте колеса с дорогой**

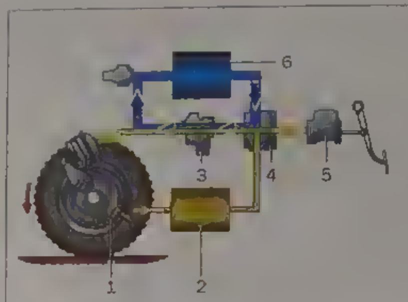


Рис. 6.23. **Схема электронной АБС**: 1 — датчик; 2 — замер скорости; 3 — модулятор; 4 — блок управления; 5 — тормозной цилиндр; 6 — замер давления

Существующие конструкции АБС имеют различный уровень технического совершенства, поэтому их разделили на три категории (1, 2, 3) для автомобилей, на две (А, Б) — для прицепов и предъявляют к ним различные требования, допускают к установке на конкретные типы автомобилей. Так, например, междугородные и туристические автобусы могут оснащаться только самыми совершенными АБС категории 1. На других типах ТС могут применяться относительно дешевые и простые АБС, устанавливаемые, например, только на задней оси.

АБС должна обеспечивать:

— минимальный тормозной путь (не менее 75 % от максимально возможного);
— устойчивость при торможении;
— сохранение управляемости при торможении;
— приспособляемость к изменяющимся внешним условиям, например сцеплению на сухой, мокрой и скользкой дороге (адаптивность);
— плавное торможение, без рывков;
— возможность торможения при выходе из строя АБС;
— минимальный расход рабочего тела;
— минимальное потребление электроэнергии;
— помехоустойчивость по отношению к внешним магнитным полям;
— сигнализацию при выходе из строя АБС, диагностику неисправности;
— общие требования (надежность, низкая стоимость и т. п.).

В состав электронной антиблокировочной системы входят (рис. 6.23):

— датчики (угловой скорости колеса, замедления и т. д.);
— электронный блок управления, получающий информацию от датчиков, обрабатывающий ее и подающий сигналы на исполнительные механизмы и сигнальную лампу;
— исполнительные механизмы (модуляторы давления рабочего тела).

Для поддержания требуемого проскальзывания (пробуксовки) колес необходимо знать значения линейной скорости автомобиля в каждый момент времени, угловую скорость тормозящего колеса, рассчитывать скольжение и управлять модуляторами, установленными в тормозном приводе. С помощью модуляторов изменяют тормозное давление, поступающее к тормозным камерам или рабочим цилиндрам и тем самым регулируют тормозные силы на колесах.

Угловую скорость колеса определяют датчиками, установленными в ступице колеса, или, реже, в главной передаче. Датчик состоит из ротора в виде зубчатого диска (или перфорированного кольца), закрепленного на колесе, и катушки индуктивности, установленной неподвижно с некоторым зазором относительно зубцов диска.

Линейную скорость автомобиля чаще всего определяют косвенным путем — перерасчетом значений, полученных от датчиков угловой скорости колес. Иногда, например, на полноприводных автомобилях линейную скорость рассчитывают по значению замедления в продольном направлении, определяемому с помощью датчика замедления. При достижении величины заданного относительного скольжения (порогового значения) блок управления подает соответствующую команду исполнительному механизму.

Существуют различные принципы регулирования: по величине замедления тормозящего колеса; по заданной величине угловой скорости тормозящего колеса; по заданной величине относительного скольжения; по давлению рабочего тела и т. д.

В подавляющем большинстве случаев для выполнения всех требований по адаптивности применяется регулирование тормозящего колеса по его замедлению и скольжению.

Исполнительные механизмы (модуляторы) АБС могут иметь различное устройство: клапанное, золотниковое, диафрагменное, смешанное. Модуляторы по командам блока управления изменяют давление рабочего тела в тормозных камерах или цилиндрах.

Различают модуляторы, работающие по двухфазовому (увеличение-сброс давления) и трехфазовому (сброс-выдержка-увеличение давления) рабочим циклам. Современные модуляторы часто имеют усложненный рабочий цикл. Например, фаза увеличения или уменьшения давления состоит из нескольких этапов, отличающихся темпом изменения давления. От частоты, с которой модулятор может осуществлять рабочий цикл, зависит качество работы АБС. Трехфазовый модулятор обеспечивает несколько меньший расход рабочего тела.

Схемы установки АБС. Тормозная динамика автомобиля в большой степени зависит от схемы установки элементов АБС на автомобиле и выбранного принципа регулирования.

Наиболее распространены следующие принципы регулирования скольжения колес:

— индивидуальное регулирование скольжения каждого колеса в отдельности (Individual Regelung) — IR;
— «низкопороговое» регулирование, т. е. регулирование, предусматривающее подачу команд на растормаживание и затормаживание обоих колес оси одновременно по сигналу датчика колеса, находящегося в худших по сцеплению условиях, — «слабого» колеса (Select Low) — SL;
— «высокопороговое» регулирование колес одной оси, когда сигнал подается датчиком «сильного» колеса, т. е. находящегося в лучших по сцеплению условиях (Select High) — SH;
— модифицированное индивидуальное регулирование — Modifizierte Individual Regelung (MIR) представляет собой компромиссное регулирование между SL и IR. Смысл MIR заключается в том, что вначале регулирование осуществляется по «низкопороговому», а затем постепенно происходит переход к индивидуальному регулированию. MIR целесообразно использовать при торможении на опорной поверхности с различным сцеплением под левым и правым колесами, а также на повороте и поперечном уклоне.

Индивидуальное регулирование является оптимальным с точки зрения обеспечения наилучшей тормозной эффективности (минимального тормозного пути). Для этой цели на каждом колесе размещается датчик частоты вращения и модулятор давления и их параметры регулируются отдельным каналом управления в электронном блоке. Индивидуальное регулирование дает возможность получить оптимальный тормозной момент на каждом колесе в соответствии со сцепными условиями и, как следствие, минимальный тормозной путь. Однако если колеса одной оси будут находиться в неодинаковых сцепных условиях, то тормозные силы на них также будут неодинаковыми.

В этом случае возникает разворачивающий момент, приводящий к потере устойчивости (рис. 6.24). Управляемость автомоби-

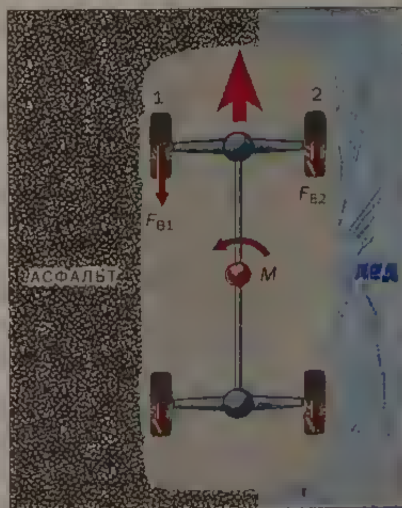


Рис. 6.24. **Разворачивающий момент, приводящий к потере устойчивости**

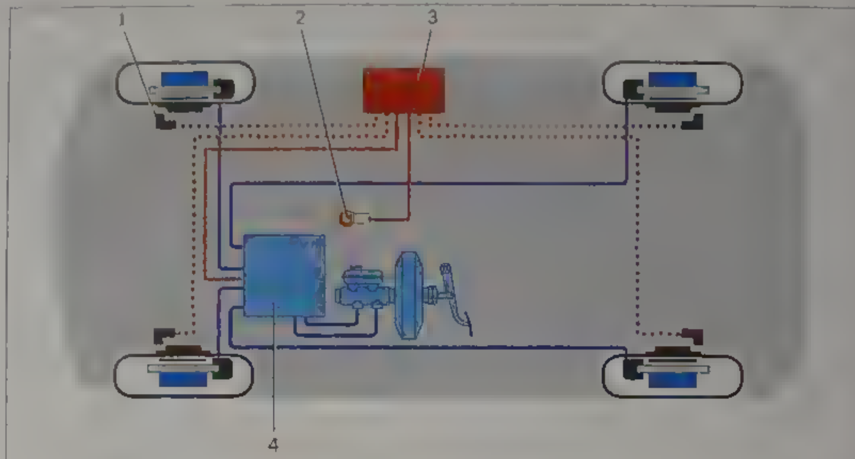


Рис. 6.25. **Схема системы АБС 2-го поколения фирмы Bosch для легкового автомобиля:** 1 — датчик; 2 — сигнальная лампа; 3 — блок управления; 4 — модулятор

ля при этом сохраняется, т. к. колеса не заблокированы и запас боковой устойчивости остается достаточным. Схема с индивидуальным регулированием является наиболее сложной и дорогой.

При выборе схемы АБС обычно исходят из технической и экономической целесообразности. Как показали исследования, соответствуют всем требованиям, а следовательно, относятся к категории 1 АБС имеющие схему регулирования (передние колеса/задние колеса) IR/IR и MIR/IR, а также другие схемы (MIR/SL, SL/IR) если принцип SL используется на оси (осях), обеспечивающей не более 50 % суммарной тормозной силы. АБС, использующие принцип SL на обеих осях АТС (SL/SL), относятся к категории 2. В АБС категории 3, как правило, реализуется схема — SL.

На рис. 6.25 показана схема системы АБС 2-го поколения, разработанная фирмой Bosch для легковых автомобилей с гидравлическим тормозным приводом.

Она встраивается в штатную тормозную систему и не требует изменения ее конструкции. Преимущества таких систем заключаются в простоте и удобстве компоновки на автомобиле.

Система содержит гидравлический узел, располагаемый между главным тормозным и колесным цилиндрами, датчики частоты вращения, монтируемые у передних колес и у главной передачи, и электронный блок управления (ЭБУ), устанавливаемый в салоне или в моторном отсеке автомобиля. На полноприводных автомобилях к датчикам частоты вращения добавляется датчик продольного замедления. Гидравлический узел состоит из насоса с электродвигателем, модулятора с тремя электроклапанами, двух аккумуляторов с демпфирующими камерами.

В системе используется трехфазный рабочий цикл. При торможении без блокировки колес электроклапан соединяет колесный цилиндр с соответствующей секцией главного цилиндра и тормозная система работает обычным образом. Если ЭБУ выявляет тенденцию к блокированию колеса, то электроклапан переводится в положение, при котором колесный тормозной цилиндр отсоединяется от главного тормозного цилиндра и, наоборот, соединяется с магистралью слива. Жидкость перетекает в демпфирующую камеру, а затем перекачивается насосом в главный тормозной цилиндр. Давление в колесном цилиндре уменьшается. В фазе выдержки давления электроклапан переводится в положение, при котором все

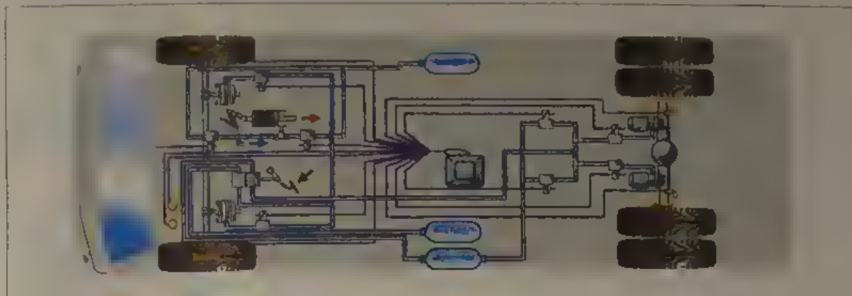


Рис. 6.26. **Пневматическая АБС**

магистрали разъединены между собой. Следующая фаза нарастания давления осуществляется переводом электроклапана в первоначальное положение. Жидкость из главного тормозного цилиндра вновь поступает в колесный цилиндр.

В случае отказа насоса торможение с антиблокировочной функцией прекращается, но работоспособность тормозного привода сохраняется.

Типичная схема установки пневматической АБС на двухосном грузовом автомобиле с пневмоприводом показана на рис. 6.26. Эта система состоит из блока управления, соединенного с колесными датчиками и модуляторами.

Модулятор АБС имеет, как правило, диафрагменную конструкцию. Такая конструкция обеспечивает более высокое быстродействие по сравнению с поршневой. Модулятор (рис. 6.27) имеет два электроклапана 1 и 2 и два пневмоклапана. Выходы модулятора подключены к тормозному крану, к тормозной камере и к атмосфере.

При торможении без срабатывания АБС воздух поступает от крана на выход к тормозному крану, отжимает диафрагму верхнего пневмоклапана и проходит на выход к тормозной камере. Одновременно он поступает через большой канал к нижнему пневмоклапану, который дополнительно прижимается к своему седлу, перекрывая атмосферный выход. Верхний пневмоклапан находится в открытом положении, т. к. полость соединена с атмосферой через электроклапан отсечки. При растормаживании тормозным краном воздух проходит через модулятор в обратном направлении, от выхода к тормозной камере к тормозному крану.

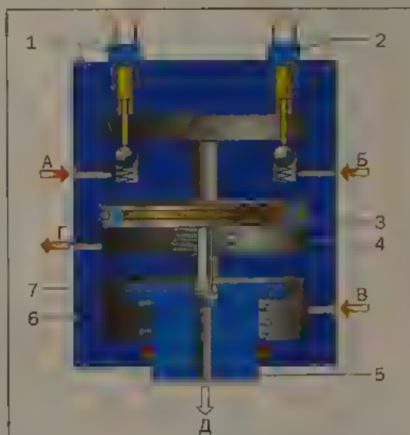


Рис. 6.27. **Принципиальная схема пневматического модулятора АБС:** 1, 2 — электромагнитные клапаны; 3 — следящий поршень; 4, 6 — пружина; 5 — корпус впускного и атмосферного клапанов; 7 — седло атмосферного клапана; А — полость, соединяющая тормозной кран с модулятором; Б — полость, соединяющая модулятор с атмосферой; В — полость, соединяющая воздушный баллон с модулятором, Г — полость, соединяющая модулятор с рабочей полостью тормозной камеры; Д — полость, соединяющая тормозную камеру через модулятор с атмосферой

При работе АБС модулятор обеспечивает трехфазный рабочий цикл.

В фазе сброса давления на оба электроклапана модулятора подается напряжение от электронного блока управления. Электроклапан отсечки закрывает атмосферный выход и одновременно пропускает воздух от выхода к тормозному крану через малый канал в полость. Давление с обеих сторон диафрагмы верхнего пневмоклапана выравнивается, и он усилием пружины закрывается. Одновременно из-за срабатывания электроклапана сброса открывается нижний пневмоклапан. Через него воздух из тормозных камер выходит в атмосферу.

Выдержка тормозного давления (вторая фаза) на постоянном уровне производится при подаче напряжения только на электроклапан отсечки. В этом случае оба пневмоклапана закрыты.

В третьей фазе электроклапаны обесточены и воздух проходит из тормозного крана в тормозную камеру.

Установка трехфазовых модуляторов около каждого колеса автомобиля позволяет реализовать любой принцип регулирования.

Несмотря на установленную на автомобиле АБС рекомендуется сохранять в тормозном приводе регулятор тормозных сил, хотя это и не требуется нормативами. Считается, что регулятор сохраняет комфортабельность движения и расход воздуха и снижает вероятность вступления в работу АБС.

Неисправность АБС не может быть полностью исключена, поэтому необходимо выбирать такое подключение датчиков и модуляторов, которое обеспечит сохранение свойств системы даже при наличии некоторых отказов. Часто выбирается диагональная схема подключения. К каждому процессору подключаются датчик и модулятор двух колес по диагонали: одного переднего и одного заднего. В этом случае при единичной неисправности отключается только одна диагональ. Одно незаблокированное переднее колесо и одно заднее колесо обеспечат остаточную устойчивость и управляемость автомобиля. Лампа, сигнализирующая о неисправности АБС, подключается параллельно к обоим каналам блока управления. Поэтому, даже если она горит, одна из диагоналей еще может находиться в исправном состоянии. Самодиагностика исправности АБС начинается при включении зажигания и производится непрерывно при движении ТС. Концепция двухканальной электроники с диагональным распределением каналов считается важным элементом надежности АБС для грузовых автомобилей и автобусов, т. к. единичный отказ в АБС не может застать врасплох водителя, привыкшего к помощи системы при торможении. К блоку управления АБС может подключаться тормоз-замедлитель. Электроника автоматически отключает замедлитель, когда АБС вступает в работу.

Опыт эксплуатации АБС свидетельствует о высокой надежности этой системы. Отказы составляют около 0,2 %. Наиболее часто отказывают электрические соединения блока управления, датчиков и модуляторов, а также соединения между тягачом и прицепом. Отказы модуляторов (в том числе из-за замерзания) незначительны. Неисправности датчиков связаны в основном с увеличением зазоров в подшипниках ступицы колеса.

§ 38

ПРОТИВОБУКСОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Наряду с использованием АБС сравнительно недавно на автомобилях стали применять противобуксовочные системы (ПБС), которые при тяговом режиме движения препятствуют пробуксовке ведущих колес автомобиля. ПБС не относятся к тормозному управлению, но, ввиду идентичного принципа работы и использования одних и тех же аппаратов, часто рассматриваются совместно с АБС.

Противобуксовочные системы давно используются на железнодорожном транспорте, но лишь совсем недавно стали применяться на автобусах, легковых и грузовых автомобилях.

ПБС часто устанавливаются в сочетании с АБС, что позволяет ускорить процесс разгона, а также повысить проходимость на мягких грунтах и скользких дорогах. Принцип действия системы основан на автоматическом подтормаживании буксующего колеса (рис. 6.28).

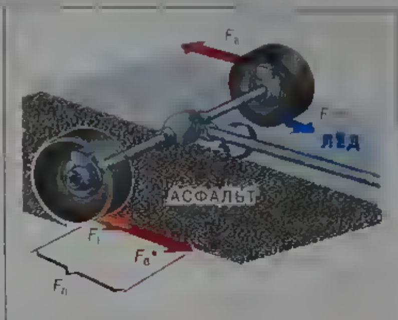


Рис. 6.28. **Принцип действия ПБС**: F_i — тяговая сила (без ПБС); F_B — тормозная сила; F_{B^*} — дополнительная тяговая сила; F_h — суммарная сила тяги

При этом другое ведущее колесо, находящееся на дорожном покрытии с хорошими сцепными характеристиками, может воспринимать бо́льший крутящий момент. В результате, как и при блокировке дифференциала, увеличивается суммарная сила тяги, автомобиль может трогаться с места и разгоняться с большим ускорением. Кроме того, система при необходимости уменьшает подачу топлива в двигатель и ограничивает общую тяговую силу на ведущих колесах.

К преимуществам ПБС относят:

— увеличение силы тяги и повышение устойчивости автомобиля при трогании с места, разгоне и движении на скользкой дороге;
— увеличение проходимости по мягким грунтам;
— уменьшение нагрузок в трансмиссии при резком изменении коэффициента сцепления;

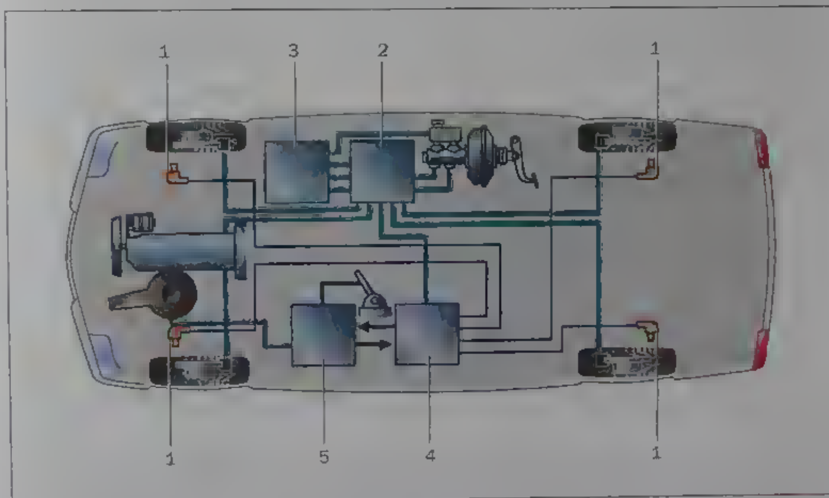


Рис. 6.29. **Схема комплексной АБС/ПБС легкового автомобиля**: 1 — датчик скорости колеса; 2 — модулятор АБС; 3 — модулятор ПБС; 4 — блок управления АБС; 5 — блок управления ПБС

снижение расхода топлива особенно в зимних условиях;
— уменьшение износа шин;
— снижение утомляемости водителя.

В настоящее время во всех ПБС для автоматического ограничения буксования колес применяется электроника.

Схема комплексной АБС/ПБС показана на рис. 6.29.

АБС дополняется модулятором ПБС, который имеет два цилиндра, включенных в гидромагистрали, соединяющие главный тормозной цилиндр через модулятор АБС с колесными цилиндрами. Внутри цилиндров модулятора расположены плавающие поршни с центральными клапанами. Последние соединяют входную и выходную магистрали цилиндра. Поршни управляются посредством трехпозиционных электромагнитных и двухпозиционных дросселирующих клапанов.

При торможении автомобиля жидкость беспрепятственно проходит через цилиндры модулятора к задним колесным цилиндрам.

Во время работы ПБС по команде блока управления на притормаживание одного или обоих ведущих колес электромагнитный клапан переводится в положение, при котором давление из гидронасоса передается в управляющую полость цилиндра модулятора, слева от поршня. Под действием давления жидкости поршень перемещается вправо и перекрывает центральный клапан. Дальнейшее движение поршня приводит к повышению давления в колесных цилиндрах. Выдержка или сброс давления осуществляются по команде электронного блока переводом электромагнитного клапана в соответствующее положение.

Для получения большей точности и плавности регулирования скольжения колес в тяговом режиме в ПБС изменение давления необходимо производить более медленно, чем в АБС. Для этого в модулятор введены дросселирующие клапаны с меньшим проходным сечением, которые срабатывают в начале функционирования ПБС.

Рассмотренная конструкция модулятора может применяться отдельно от АБС, для чего автомобиль должен быть дооборудован колесными датчиками угловых скоростей, блоком управления и иметь гидросистему высокого давления.

Регулирование крутящего момента двигателя производится комплексным воздействием на дроссельную заслонку, на системы зажигания и впрыска топлива. Положение дроссельной заслонки может изменяться электромеханическим или электромагнитным устройством.

Чаще всего используется электромеханическая система, известная под названием «электронная педаль газа». В этой системе изменение положения педали «газа» с помощью датчика перемещения педали преобразуется в электрический сигнал. В блоке управления данный сигнал преобразуется с учетом ряда заданных переменных и сигналов от других датчиков (температуры, частоты вращения двигателя и т. п.), а затем передается к электродвигателю, который перемещает дроссельную заслонку или рейку топливного насоса (в случае управления дизелем). Сигнал обратной связи о положении заслонки или рейки также поступает в блок управления.

Команды, поступающие от блока управления ПБС, имеют приоритет по отношению к сигналам, поступающим от датчика перемещения педали «газа». Например, если водитель открывает дроссельную заслонку на угол, обеспечивающий подачу к колесам крутящего момента, бо́льшего, чем можно реализовать по условиям сцепления, то по команде от блока управления ПБС угол открытия может быть уменьшен до 10° за время 100 мс.

В конце 80-х гг. началось серийное производство противобуксовочных систем для дизельных грузовых автомобилей, автобусов и седельных тягачей, имеющих пневматический тормозной привод. При этом из соображений безопасности считается нецелесообразным обеспечение возможности движения с большими скоростями, при которых нельзя достичь высокой надежности торможения. Поэтому пневматические ПБС отдельно от АБС не изготавливаются и не устанавливаются.

Повышение эффективности ПБС на автомобилях 6×2 с пневмоподвеской может быть достигнуто кратковременным (не более чем на 90 с) увеличением на 30 % нагрузки на ведущую ось вследствие выпуска воздуха из пневмобаллонов подвески поддерживающей оси. Для этого используются соответствующие электроклапаны.

Как показали испытания, расход воздуха противобуксовочной системой небольшой и установки дополнительных ресиверов не требуется.

§ 39

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

Современные антиблокировочные системы АБС положили начало появлению других электронных систем в тормозной системе. Стало общепринятым называть такие системы EBM (Electronic Brake Management) — электронное управление тормозами. Иногда применяется другой термин DBC (Dynamic Brake Control) — динамический контроль торможения. Любая система АБС начинает работать после того, как заблокируется хотя бы одно из колес. При движении автомобиля происходит изменение вертикальных нагрузок, приходящихся на отдельные колеса. Чем больше нагрузка, тем большее тормозное усилие может развить тормозящее колесо. Если учитывать перераспределение вертикальных нагрузок, то можно существенно повысить как эффективность торможения, так и устойчивость автомобиля при торможении. Для этого автомобиль должен иметь надежные датчики, определяющие распределение вертикальных нагрузок по осям и бортам автомобиля, компьютер и соответствующее программное обеспечение. В качестве исполнительного устройства могут использоваться уже существующие сегодня модуляторы АБС.

Другим направлением совершенствования тормозной системы является применение систем EBA (Electronic Brake Assist) — электронная система помощи торможению. Система EBA впервые была представлена на автомобилях Mercedes, а позже появилась и на автомобилях других фирм. Эта система обеспечивает максимально возможную эффективность при экстренном торможении. Для вступления ее в действие компьютер определяет начало торможения в аварийном режиме, а для этого он должен проанализировать целый ряд факторов.

Так, например, на автомобилях BMW такая система активизируется только в том случае, если выполняются следующие условия:

— давление в главном тормозном цилиндре составляет более 3 МПа;
— нарастание давления происходит со скоростью более 600 МПа/с;
— скорость автомобиля составляет более 5 км/ч;
— автомобиль не движется задним ходом;
— хотя бы одно из колес не работает в режиме АБС (блокируется).

Только при выполнении всех этих условий компьютер дает команду на экстренное торможение. Система отключается, когда водитель отпускает тормозную педаль или скорость автомобиля падает до 5 км/ч.

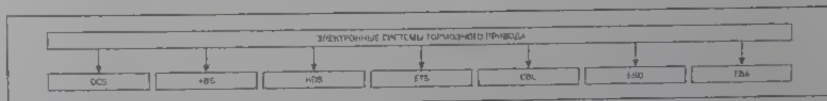


Рис. 6.30. **Электронные системы управлеиия торможением**

Системы электронного управления торможением получают все более широкое распространение в тормозных системах современных автомобилей. Так, тормозная система новой модели автомобиля Range Rover включает семь различных электронных систем (рис. 6.30).

Наряду со ставшими уже привычными ABS — антиблокировочной системой, DSC — системой поддержания устойчивости и ETS — противобуксовочной системой, имеются дополнительные:

— HDC (Hill Descent Control) — система автоматического притормаживания на спуске;
— EBD (Electronic Brake Distribution) — электронное распределение тормозных сил по осям автомобиля;
— CBC (Cornering Brake Control) — система распределения тормозных сил по бортам автомобиля на поворотах;
— EBA (Electronic Brake Assist) — система для экстренного торможения.

Работой всех этих систем управляет один электронный блок, который объединен в одном корпусе с гидравлическим модулем системы ABC и DSC, и соединен коммуникационными линиями с другими электронными блоками: управления двигателем, коробкой передач, раздаточной коробкой, пневматической подвеской. Гидравлический модуль формирует величину давления тормозной жидкости в трубопроводах тормозной системы по сигналам блока управления, который вырабатывает их, анализируя данные, полученные от датчиков: частоты вращения колес, давления в тормозной системе, положения тормозной педали, угла поворота рулевого колеса, боковых и продольных ускорений.

Тормозные системы автомобилей могут стать еще более совершенными при широком применении так называемых систем торможения по проводам (BBW — Brake By Wire). В такой системе механическая связь между тормозной педалью и исполнительными устройствами отсутствует, а командный сигнал от водителя передается по кабелю. Система BBW может быть полностью электрической, с электромеханическими тормозными механизмами или комбинированной, в которой используются электрогидравлические устройства. Полностью электрические тормозные системы, скорее всего, начнут применяться только после перехода на электрооборудование автомобиля с напряжением 36 В. Электрогидравлические системы могут использоваться на переходном этапе. В таких системах давление жидкости создается гидравлическим насосом с электроприводом, а торможением управляют электромагнитные клапаны, получающие сигналы от компьютера. При таком варианте имеется возможность использовать существующие тормозные механизмы.

Компания BMW создала экспериментальный автомобиль с полностью электрическим тормозным приводом, использующим принцип BBW. Тормозные колодки прижимаются к тормозному диску шарико-винтовой передачей, которая приводится с помощью высокоскоростного электродвигателя.

Автомобиль продемонстрировал отличные тормозные свойства при исключительной плавности работы АБС, в которой было применено аналоговое управление, взамен привычного импульсного.

Автомобили с полностью электрической системой BBW имеют целый ряд преимуществ:

— уменьшение тормозного пути;
— регулируемая тормозная педаль (можно регулировать ее положение под конкретного водителя);
— отсутствие вибраций на педали;
— бесшумность работы;
— отсутствие гидравлики;
— меньшее количество деталей, компактность;
— снижение повреждений при аварии;
— простота сборки;

— способность обеспечить выполнение всех функций наиболее совершенных систем АБС, ESP, TCS, EBA, EBD и т. д.;
— дополнительные функции EPB (Electronic Parking Brake — электронный стояночный тормоз) и др.
— хорошо сочетается с перспективными системами управления транспортом.

Отдельно следует остановиться на двух последних пунктах.

Стояночные системы с электронным управлением уже не являются делом будущего. Некоторые производители выпускают такие устройства, и они могут быть установлены на существующие автомобили.

Такие системы бывают двух типов — простые и автоматические APB (Automatic Parking Brake). В первом случае исполнительный агрегат, состоящий из электродвигателя, редуктора и блока управления, встраивается в привод управления стояночной тормозной системой, и водитель управляет его работой с помощью кнопки. При автоматической работе стояночная система включается при каждой остановке автомобиля и выключается, когда водитель нажимает педаль «газа». Такие стояночные системы уже серийно устанавливаются на некоторые автомобили Jaguar.

Использование систем BBW дает возможность легко сочетать их с разрабатываемыми системами управления транспортом, в которых может использоваться «интеллектуальный» круиз-контроль, когда система сама поддерживает безопасное расстояние в потоке транспорта и вмешивается в работу тормозной системы, обеспечивая при необходимости полную остановку автомобиля.

Г Л А В А **7**

Несущая система предназначена для установки всех частей автомобиля и соединения их в единую конструкцию, которая и является собственно автомобилем.
В качестве несущей системы могут выступать как рама автомобиля, так и его кузов, который в этом случае называют несущим.

Несущая система. Кузов

§ 40

НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

Если несущей системой автомобиля является рама, то дополнительно на нее устанавливается кузов или кабина для размещения водителя, пассажиров и грузов.

Рама выполняет функции каркаса автомобиля; кроме соединения всех его узлов и агрегатов в единое целое она дополнительно придает жесткость и прочность всей конструкции, что позволяет воспринимать различные внешние и внутренние нагрузки при движении.

Кузов служит для комфортного размещения пассажиров и груза и для их защиты от внешних и внутренних неблагоприятных факторов (погодные условия — снег, ветер, дождь; дорога — шум, пыль, вибрация), а также обеспечивает защиту в случае аварии. Конструкция кузова влияет на эксплуатационные свойства автомобиля и определяет его внешний вид.

Существуют и бескузовные транспортные средства, например мотоциклы, снегоходы.

§ 41

КОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАМ

По конструкции различают три типа рам: лонжеронные, центральные и комбинированные. Наибольшее распространение получили лонжеронные рамы (см. рис. 1.13).

Лонжеронная рама состоит из двух продольных балок (лонжеронов), которые соединены между собой поперечинами. В зависимости от типа автомобиля и его компоновки лонжероны могут быть установлены один относительно другого параллельно или под углом, а также могут быть изогнуты в вертикальной и горизонтальной плоскостях. К раме крепятся практи-

чески все узлы и агрегаты автомобиля: кузов, механизмы трансмиссии, передняя и задняя подвески, системы управления и т. д. Поперечины служат для придания жесткости всей конструкции. Лонжероны и поперечины чаще всего изготавливают гнутыми из листовой стали, при этом им придают форму поперечного сечения в виде закрытого короба, швеллера или двутавра, т. к. они обладают наибольшей жесткостью при изгибе. Лонжероны и поперечины между собой соединены клепкой или болтовыми соединениями, реже применяется сварка.

Центральная (хребтовая) рама состоит из центральной продольной несущей балки, обычно трубчатого сечения, к которой прикреплены поперечины. Крепление узлов и агрегатов автомобиля осуществляется как к балке, так и к поперечинам. Несущая балка хребтовой рамы может также состоять из картеров отдельных агрегатов трансмиссии, соединенных между собой. Такая рама по сравнению с лонжеронной обладает большей жесткостью, а возможность использования агрегатов трансмиссии в качестве рамы обеспечивает компактность. Хребтовая рама используется в основном в конструкции автомобилей высокой проходимости, поскольку хорошо компонуется с независимой подвеской ведущих колес. Вместе с тем, сложность конструкции и трудности при техническом обслуживании и ремонте ограничивают применение таких рам.

Комбинированные рамы сочетают в своей конструкции оба принципа — средняя часть выполняется как центральная, а концы делают лонжеронными.

§ 42

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КУЗОВА

Первые автомобили, представлявшие собой безлошадные кареты, собирались по технологии гужевых повозок и конструктивно практически не отличались от них. Все нагрузки передавались на раму, на которой устанавливался деревянный кузов (рис. 7.1). В некоторых из первых автомобилей вообще не было кузова — только места для пассажиров, сворачивающаяся мягкая крыша и небольшая защитная передняя переборка.



Рис. 7.1. **Кузов автомобиля в начале XX в.**

Серьезные изменения произошли в начале XX в., когда конструкторы оценили потенциальные возможности кузова. Обеспечить жесткость, особенно жесткость на кручение, легче в трехмерной конструкции кузова, чем в плоской. Это послужило причиной создания объемной, жесткой конструкции (см. рис. 1.14), которая до сих пор используется для большинства автомобильных кузовов.

Начиная с 30-х гг. прошлого века, большинство автомобильных кузовов представляли собой конструкцию, состоящую из штампованных металлических листов, соединенных вместе точечной сваркой в строго определенной последовательности, что позволяло формировать жесткий каркас, к которому крепились двигатель, трансмиссия, узлы шасси, сиденья и все остальное оборудование.

Внутреннее оборудование кузова постоянно совершенствовалось, начиная с простых сидений и обивки, нескольких простейших приборов и ацетиленовых ламп и кончая современными автоматизированными системами безопасности, обеспечения комфорта и пере-

дачи информации. Трудно поверить, что первые автомобили не имели стольких необходимых элементов. Например, обогреватели получили широкое распространение только в середине прошлого века, сейчас же кондиционирование воздуха используется как стандартное оборудование автомобиля. Самый большой прогресс произошел в электросистемах. Столетие назад можно было купить автомобиль, который практически не имел электрического оборудования, кроме магнето, управляющего зажиганием. Сегодня, потребление электроэнергии средним автомобилем начинает опережать возможности 12-вольтовой системы электропитания. Другая область интенсивного прогресса — системы безопасности. Ремни и надувные подушки безопасности сегодня используются как стандартное оборудование.

К середине XX в. сложилась общепризнанная концепция применения несущих систем на различных типах автомобилей: на легковых автомобилях среднего и малого классов — несущий кузов, на легковых автомобилях высшего класса и повышенной проходимости — несущая рама или полунесущий кузов с элементами рамы, на грузовых автомобилях — несущая рама, на автобусах — несущий или полунесущий кузов, реже — рама (для автобусов на шасси грузовых автомобилей).

§ 43

КЛАССИФИКАЦИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ КУЗОВОВ

На автомобилях применяются различные типы кузовов (рис. 7.2), отличающиеся назначением, конструкцией, компоновкой и нагруженностью.

Назначение кузова фактически определяет область применения автомобиля (или наоборот). Пассажирские кузовы предназначены для перевозки пассажиров и используются в основном на легковых автомобилях и автобусах. На грузовом автомобиле устанавливается кузов для перевозки грузов и, дополнительно к нему, — кабина (пассажирский кузов) для размещения водителя и одного или двух пассажиров. Грузопассажирские кузова предназначены для одновременного размещения пассажиров и груза. Специальные кузовы, например: мусоровозы, пожарные автомобили, автокраны и т. д., как правило, устанавливаются на раме (шасси) грузовых автомобилей, чтобы они могли выполнять специфические задачи.

В зависимости от конструкции кузовы выполняют каркасными, полукаркасными или бескаркасными. Каркасный кузов имеет жесткий пространственный каркас, к которому крепятся наружная и внутренняя облицовки. Полукаркасный кузов имеет толь-

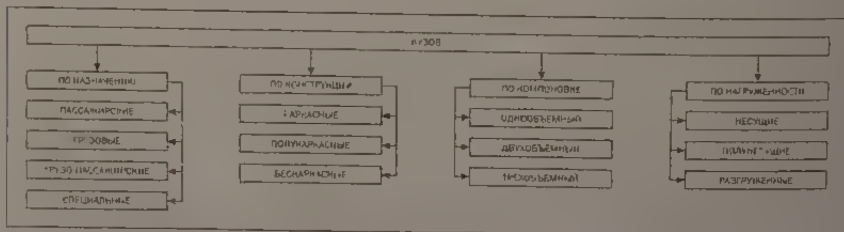


Рис. 7.2. **Классификация кузовов**

ко некоторые части каркаса (отдельные стойки, дуги, усилители и т. п.), соединенные между собой наружной и внутренней облицовками. Для придания бескаркасному кузову необходимой жесткости отдельным его частям придают специальную форму и сечение.

По способу размещения груза, пассажиров и силового агрегата в кузове автомобиля различают кузовы: однообъемные — силовой агрегат, отсек для пассажиров и груза расположены в единой пространственной конструкции (автобус, мини-вен, бескапотная кабина грузового автомобиля и т. п.); двухобъемные — силовой агрегат под капотом, пассажиры и груз в другом отсеке кузова (универсал, хэтчбек, капотная кабина грузового автомобиля и т. п.); трехобъемные — силовой агрегат под капотом, пассажиры в кабине (пассажирском салоне), а груз в багажном отделении (классический пример — седан).

Несущий кузов воспринимает все нагрузки и усилия, которые действуют на автомобиль при его движении: вес груза, пассажиров и установленных на кузове агрегатов и механизмов, усилия от элементов подвески автомобиля и силы, которые возникают при колебаниях, разгоне, торможении и повороте.

Полунесущий кузов жестко соединяется с рамой и воспринимает часть нагрузок, приходящихся на раму.

Разгруженный кузов жесткого соединения с рамой не имеет. Он устанавливается на раме на упругих подушках и, кроме веса пассажиров и перевозимого груза, никаких других нагрузок не воспринимает.

Кроме приведенной выше классификации, кузовы легковых автомобилей различаются по внешнему виду и конструкции пассажирского салона. Типовые конструкции получили индивидуальные названия (рис. 7.3).

Седан (рис. 7.3а) является трехобъемным закрытым четырехдверным кузовом с двумя (реже тремя) рядами сидений (третий ряд — откидной).

Лимузин (рис. 7.3б) представляет собой трехобъемный закрытый четырехдверный кузов с двумя или тремя рядами сидений (третий ряд сидений — откидной). За передним рядом сидений расположена подъемная стеклянная перегородка, служащая при необходимости для отделения водителя от задних пассажиров.

Купе (рис. 7.3в) — трехобъемный закрытый двухдверный кузов с одним или двумя рядами сидений. Для доступа к задним сиденьям необходимо откидывать передние, что ухудшает условия посадки пассажиров.

Универсал (рис. 7.3г) представляет собой закрытый трех- или пятидверный кузов с двумя рядами сидений. Дополнительная дверь находится в задней стенке кузова. При складывании заднего ряда сидений увеличивается багажное отделение, в результате чего кузов превращается в грузопассажирский.

Комби (хэтчбек) (рис. 7.3д) занимает промежуточное положение между кузовами седан и универсал. Хэтчбек является закрытым трех- или пятидверным кузовом с двумя рядами сидений. Дополнительная дверь находится в наклонной задней стенке кузова. Кузов может быть легко переоборудован из пассажирского в грузопассажирский если удалить съемную складую полку, которая установлена за задним рядом сидений и закрывает багажное отделение. При складывании заднего ряда сидений площадь багажного отделения увеличивается.

Фастбек (рис. 7.3т) — двухобъемный пассажирский кузов с двумя или четырьмя дверями и плавно спускающейся назад крышей (нечто среднее между хэтчбеком и седаном; в настоящее время не используется).

Кабриолет (рис. 7.3е) представляет собой кузов с откидывающимися задней стенкой и частью крыши. Кузов имеет жесткий или мягкий убирающийся верх и опускающиеся стекла в дверях и боковинах.

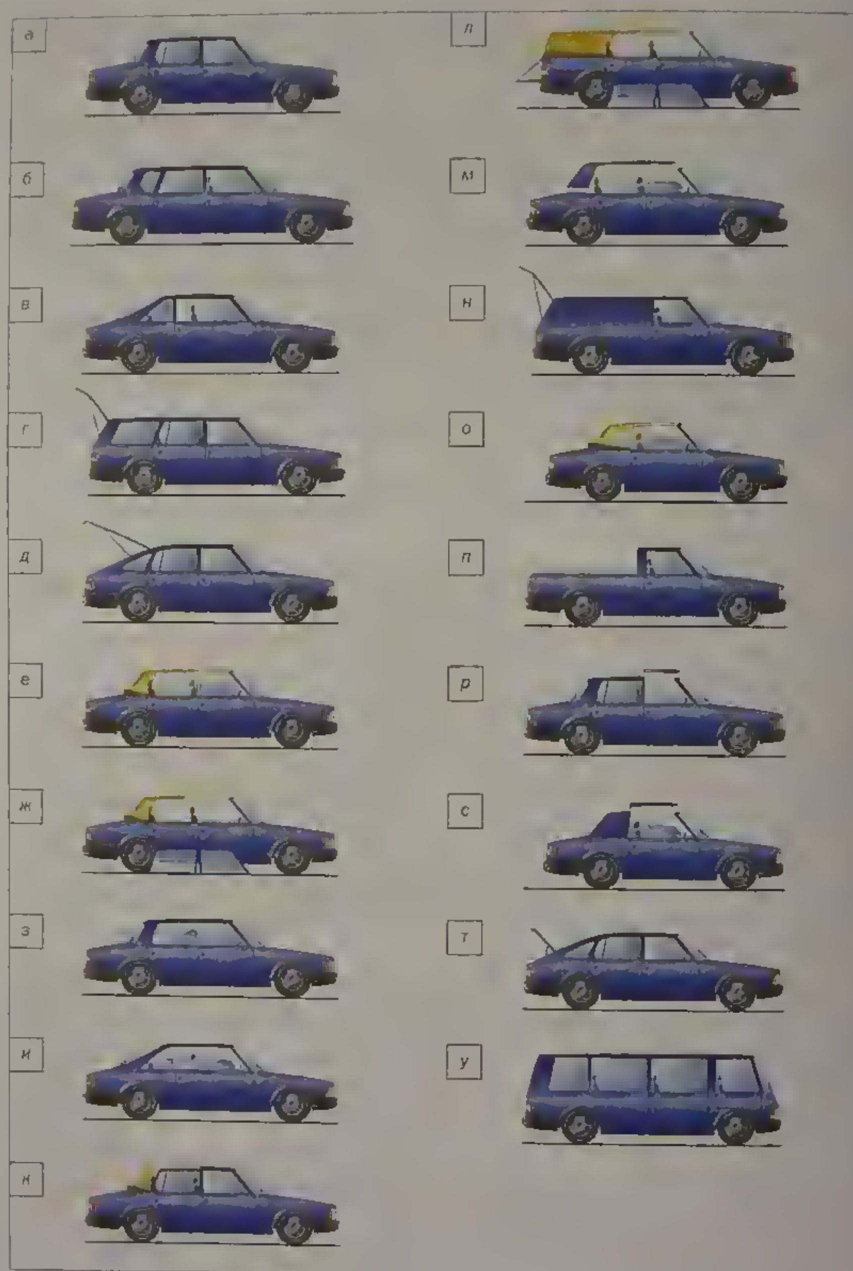


Рис. 7.3. **Типы кузовов легковых автомобилей**

Таблица 7.1. Требования к автомобильным кузовам

Требования потребителя	Требования производителя
— привлекательный внешний вид	— низкая стоимость производства
— максимальная безопасность	— простота сборки
— умеренный расход топлива	— возможность применения универсального технологического оборудования
— высокий комфорт	— ограниченное количество деталей
— универсальность	— приспособленность деталей к существующим технологическим процессам (штамповка, сварка и т. д.)
— длительный срок службы	— максимальная унификация деталей для различных моделей (принцип единой платформы)
— невысокая цена	— приспособленность деталей к последующей утилизации и т. д.
— низкие затраты на ремонт	
— невысокий уровень шума	
— достаточный объем внутреннего пространства и т. д.	

Фаэтон (рис. 7.3ж) представляет собой полностью открывающийся кузов. Кузов имеет две или четыре двери, мягкий складывающийся верх и съемные боковины, в которых выполнены окна.

Хардтоп-седан (рис. 7.3з) — седан без средней боковой стойки.

Хардтоп-купе (рис. 7.3и) — купе без средней боковой стенки.

Ландо (рис. 7.3к) — седан с открывающейся частью крыши над задними сиденьями.

Фаэтон-универсал (рис. 7.3л) — грузопассажирский кузов, с мягким складывающимся или съемным тентом.

Кабриолет-хардтоп (рис. 7.3м) — пассажирский кузов со съемной жесткой крышей.

Фургон (рис. 7.3н) — закрытый кузов с перегородкой для перевозки грузов.

Родстер (рис. 7.3о) — укороченный двухместный кузов со складывающимся мягким тентом.

Пикап (рис. 7.3п) — грузопассажирский кузов с открытой платформой для перевозки грузов и кабиной водителя, отгороженной от грузовой платформы стационарной перегородкой.

Брогам (рис. 7.3р) — пассажирский кузов с открывающейся частью крыши над передним рядом сидений.

Тарга (рис. 7.3с) — пассажирский кузов со съемной средней частью крыши.

Бескапотный кузов (рис. 7.3у) — однообъемный пассажирский кузов, центр рулевого колеса которого находится перед передней осью автомобиля.

Можно сказать, что кузов современного автомобиля, особенно легкового и автобуса, является центральной, наиболее важной частью этих транспортных средств. От конструкции кузова зависит безопасность, удобство использования, срок службы, привлекательность автомобиля. Кузов во многом определяет величину затрат на производство и эксплуатацию автомобиля, на общее совершенство автомобиля. Поэтому к кузову предъявляется огромное число разнообразных требований (табл. 7.1), зачастую противоречивых, причем и со стороны владельца автомобиля, и со стороны производителя.

Создание кузова — это всегда поиск наилучшего компромисса из огромного количества возможных вариантов. Сложность процесса проектирования кузовов, в особенности создания привлекательного облика автомобиля, предопределяет применение как технических, так и художественных (дизайн) методов выбора параметров.

§ 44

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВОВ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

КУЗОВЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Основой кузова легкового автомобиля является неразъемный корпус, к которому шарнирно прикреплены капот двигателя, крышка багажника, двери, крылья и детали декоративного оформления (облицовка радиатора, передний и задний бамперы, декоративные накладки и т. д.). Внутри кузова установлены сиденья для пассажиров и водителя.

Корпус кузова (см. рис. 1.14) представляет собой жесткую сварную конструкцию, состоящую из отдельных, предварительно собранных, узлов: основания (пола) с передней и задней частями корпуса, левой и правой боковин с задними крыльями, крыши и передних крыльев.

В передней части корпуса кузова часто имеется короткая рама (подмоторная рама) лонжеронного типа, предназначенная для крепления силового агрегата и передней подвески. Основание кузова обычно выполняется в виде цельноштампованной панели, которая с внутренней стороны салона по периметру усилена жестким коробчатым профилем. С основанием соединены передняя и задняя части кузова. Передняя часть включает передний щит, панели, брызговики, а задняя часть — панели и брызговики. Боковины кузова изготавливают цельноштампованными или сварными из отдельных деталей (стоек, порога пола и т. д.). В боковинах имеются проемы для дверей. Крыша кузова цельноштампованная. Она часто выполняется вместе с проемами для ветрового и заднего окон.

Дверь кузова состоит из наружной и внутренней штампованных панелей, соединенных между собой. Она крепится к кузову на петлях. Чаще всего двери открываются вбок против движения автомобиля вперед. Это сделано для того, чтобы в случае открывания двери на ходу набегающий поток воздуха «помогал» ее закрыть. В некоторых моделях автомобилей двери открываются вверх (рис. 7.4а), сдвигаются назад (рис. 7.4б, г) или, реже, открываются в сторону движения автомобиля вперед. Обычно такая схема применяется на автомобилях без средней стойки (рис. 7.4в). В закрытом положении дверь удерживается специальным замком, исключающим произвольное открывание двери при движении. Ограничитель двери ограничивает угол открывания и обеспечивает ее фиксацию в открытом положении. В нижней части двери имеются щели для стока воды, попавшей внутрь нее.

Окна дверей в большинстве случаев изготавливаются из закаленного стекла. Иногда окно двери разделяют на две части, одна из которых неподвижное стекло, а другая подвижное. Как правило, подвижное стекло — опускное, реже — сдвижное или поворотное. Опускное стекло перемещается в специальных направляющих при помощи стеклоподъемника. Стеклоподъемник — с механическим или электрическим приводом, обеспечивает подъем, опускание и фиксацию стекла в любом положении, устанавливается внутри двери. На дорогих автомобилях, а также на автомобилях в северном исполнении, могут применяться двойные стекла.

Стекла ветрового и заднего окон кузова в большинстве случаев изготавливают гнутыми. На автомобилях применяют трехслойное ветровое стекло (триплекс), склеенное из двух тонких полированных стекол с прозрачной эластичной пленкой между ними. Такое стекло более безопасно при аварии, чем закаленное, поскольку не рассыпается на острые, травмоопасные осколки. Стекла устанавливают в проемы кузова с резиновыми уплотнителями или вклеивают. Вклеенные стекла повышают жесткость кузова.







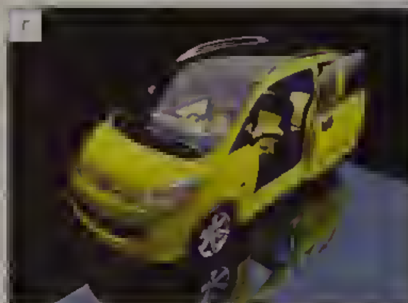


Рис. 7.4. **Варианты открывания дверей**

Капот закрывает сверху отсек двигателя и состоит из двух панелей (наружной и внутренней), соединенных между собой. Петли капота могут быть снабжены пружинами (механическими или газовыми), которые облегчают подъем капота и фиксируют его в открытом и закрытом положениях. Капот оборудован замком, удерживающим его в закрытом положении. Замок капота отпирают изнутри кузова специальной рукояткой, установленной обычно под панелью приборов. Если петли капота установлены сзади, дополнительно к замку устанавливают фиксатор, который удерживает капот от открывания при случайном разблокировании замка во время движения автомобиля.

Багажник при переднем расположении двигателя находится в задней части автомобиля. Он предназначен для размещения багажа, запасного колеса и инструмента водителя. В открытом положении крышка фиксируется упругими элементами (торсионами, пружинами). На внутренней панели крышки багажника установлен замок, удерживающий ее в закрытом положении.

Сиденья в кузове, в зависимости от типа и назначения автомобиля, могут быть установлены в один или два ряда. Двухрядные сиденья обычно применяются в легковых автомобилях малого и среднего классов общего назначения. В автомобилях большой вместимости (высшего класса) дополнительно имеется третий ряд сидений (средний), при желании эти сиденья могут быть сложены.

Переднее сиденье обычно двухместное, оно выполняется сплошным или раздельным. Заднее сиденье в легковых автомобилях двух- или трехместное, выполняется сплошным (диванного типа). В средней части его спинки часто имеется подлокотник, при откидывании которого сиденье превращается в двухместное. При необходимости заднее сиденье может складываться, полностью или по частям — для перевозки крупногабаритных грузов.

Задача конструктора сделать кузов по возможности легким и дешевым и при этом долговечным, а также достаточно жестким (на кручение и на изгиб). Жесткость важна с позиции обеспечения устойчивости и управляемости автомобиля, а также для устранения нежелательных источников шума, связанных с вибрациями деталей кузова при движении.

Особо остро проблема обеспечения жесткости стоит для открытых кузовов (кабриолет, фаэтон). Отсутствие объемного силового каркаса вынуждает усиливать конструкцию основания, боковин и других элементов кузова.

Создание кузова требует большего количества металла, а значит, больших материальных затрат. Искусство создания кузова и состоит в способности спроектировать его достаточно жестким при небольших затратах и с минимальной массой. Существенную помощь при выборе оптимальных параметров кузова оказывают программы компьютерного автоматизированного проектирования (CAD — Computer Aided Design), которые позволяют моделировать нагрузки на отдельные элементы и выбирать их характеристики. При проектировании кузов разбивается на большое число конечных элементов, каждый из которых может быть представлен простым уравнением в компьютерной программе и затем связан со всеми смежными элементами, для формирования так называемой сети. Чем больше ячеек в сети, тем более приближенной к реальным условиям становится модель, но и требуется больше времени для ее расчета на компьютере. Моделирование методом конечных элементов (FEM — Finite Element Modelling) используется в том числе и для базовых силовых расчетов, при изучении поведения кузова во время столкновения и исследованиях вибрации и шума.

Высокая крутильная жесткость кузова нежелательна для автомобилей, работающих на плохих дорогах и бездорожье. Постоянные перекосы кузова при переезде неровностей при высокой жесткости приводят к появлению трещин в наиболее нагруженных зонах. Поэтому несущие системы внедорожников выполняют в виде рамы, хорошо работающей на кручение, на которую устанавливают разгруженный кузов невысокой крутильной жесткости.

Кузовы современных легковых автомобилей в обязательном порядке оснащаются дополнительными элементами шумоизоляции за счет применения противошумных паст, битумных мастик, теплоизоляционных и перфорированных картонов и т. п. Пол кузова легковых автомобилей перед окраской покрывают термоплавкими битумными листами, которые при последующей горячей сушке расплавляются и прочно склеиваются с поверхностью пола и со слоистыми термошумоизоляционными прокладками, уложенными на битумные листы. Для шумоизоляции боковин кузова и дверей применяются шумоизоляционные мастики, войлок и картон с пеноволокном, а для изоляции крыши кузова — пенопласт, перфорированный картон и прокладки из стеклопластика. Шумоизоляционными материалами покрывают и стенки моторного отсека.

КУЗОВЫ АВТОБУСОВ

Современные автобусы большей частью имеют цельнометаллические каркасные кузовы вагонного типа, позволяющие наиболее рационально использовать площадь салона.

Кузов автобуса состоит из каркаса (рис. 7.5), наружной облицовки, внутренней обивки, пола, окон, дверей и т. д. Внутри кузова размещаются сиденья для пассажиров и водителя.

Каркас является основной частью кузова автобуса, в большинстве случаев его делают сварным из стальных труб прямоугольного сечения. Существуют конструкции каркаса, выполненные из алюминиевых профилей. В качестве наружной облицовки применяют стальные листы, приваренные к каркасу, или алюминиевые листы, соединенные с каркасом заклепками.

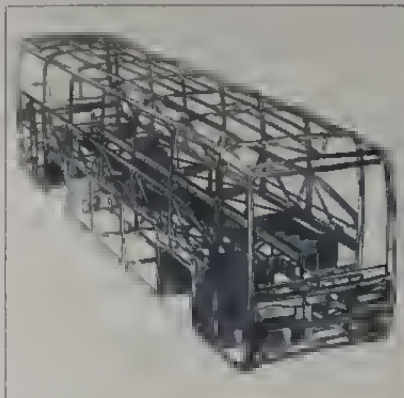


Рис. 7.5. **Несущая конструкция кузова автобуса**



Рис. 7.6. **Двери городского автобуса**

Одно из важнейших требований к конструкции городских автобусов — обеспечить удобство посадки и высадки пассажиров на остановках. Для этого снижают высоту пола автобуса, а проемы дверей делают как можно шире, сами двери в открытом состоянии стремятся убрать из проема. В то же время двери не должны сильно выступать наружу в открытом состоянии, чтобы не мешать посадке пассажиров с улицы в автобус. Поэтому двери делают сдвижными на кронштейнах или убирающимися в полости внутри салона, иногда — складными, но в любом случае — распашными (рис. 7.6). Пассажирские двери городских и пригородных автобусов открываются и закрываются, как правило, с помощью пневматических механизмов, управляемых водителем.

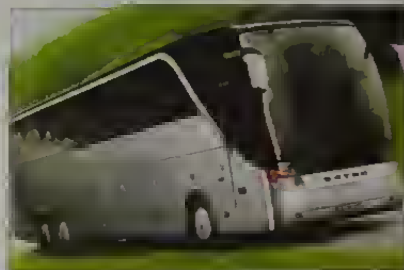


Рис. 7.7. **Полутораэтажный автобус**

Кузов междугороднего автобуса должен иметь достаточно вместительный отсек для багажа. Наиболее часто это обеспечивается применением полутораэтажной компоновочной схемы, когда пассажирский отсек располагается в верхней части кузова, а багажный отсек — под ним в центральной части (рис. 7.7).



Рис. 7.8. **Двухэтажный автобус**

Иногда для повышения пассажировместимости кузова как городских, так и междугородных автобусов делаются двухэтажными (рис. 7.8), с установкой в салоне лестницы между этажами.

Окна автобуса (ветровое, боковые, заднее) выполняют разными по форме и конструкции и часто вклеивают в проемы кузова для повышения его жесткости.

Сиденья в автобусах для пассажиров и водителей имеют различную конструкцию. Сиденья пассажиров могут быть как регулируемыми, так и нерегулируемыми. Нерегулируемые сиденья применяют в городских, регулируемые — в междугородных автобусах. Последние выполняют в виде полуспальных кресел с изменяемым углом наклона спинки, с подушками и спинками повышенной мягкости. Сиденье водителя, обычно регулируют в продольном направлении, по высоте и по углу наклона спинки. Часто оно бывает оборудовано амортизирующей подвеской, которая гасит колебания сиденья, возникающие при движении по неровным дорогам.

КАБИНЫ И КУЗОВЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Грузовой автомобиль имеет кабину и грузовой кузов.

Кабина представляет собой жесткую сварную цельнометаллическую конструкцию, состоящую из каркаса крыши, верхней, задней и боковых панелей. Кабины грузовых автомобилей бывают капотного и бескапотного типа (рис. 7.9).

Двери кабины имеют опускающиеся стекла и поворотные форточки. Подъем и опускание стекол, а также их фиксация в любом необходимом положении, осуществляются при помощи стеклоподъемников, расположенных внутри дверей. В закрытом положении двери удерживаются посредством специальных замков. Ветровые стекла — травмобезопасные, типа триплекс.

Сиденье в кабине может быть двух– или трехместным. Оно выполняется общим для водителя и пассажиров или раздельным. При раздельной конструкции сиденье водителя делается регулируемым в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также по наклону подушки и спинки. Кабина магистральных тягачей оборудуется одним или двумя спальными местами, которые располагаются за спинкой сиденья или сверху. Спальное место, расположенное сверху, делает кабину более компактной в продольном направлении, но ухудшает условия отдыха. Кроме того, кабины тяжелых магистральных тягачей оборудованы кухней и умывальником, телевизором, кондиционером, холодильником, туалетом, системой спутниковой навигации и др. устройствами. Для снижения затрат на производство некоторые фирмы-изготовители применяют для модельного ряда грузовых автомобилей одну и ту же кабину, но в разных исполнениях: со спальным местом или без него, с низкой или высокой крышей и т. д.

Кабины, расположенные над двигателем, часто делают откидывающимися на передних шарнирных опорах. Это облегчает доступ к двигателю и другим агрегатам. При откинутой кабине ее масса уравновешивается пружинами, которые расположены под передней частью кабины и упираются в поперечину рамы автомобиля. В задней части кабины установлен за-



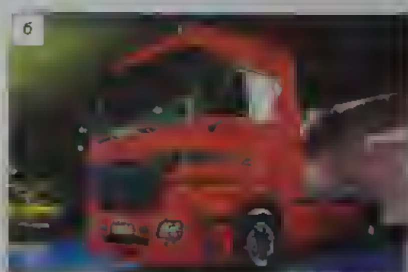


Рис. 7.9. **Типы кабин: а — капотный; б — бескапотный**

порный механизм, который исключает самопроизвольное откидывание кабины при движении. Часто для подъема кабины используется гидроцилиндр, давление в котором создается насосом с ручным приводом.

Кабины современных грузовых автомобилей имеют собственную систему подрессоривания, т. е. крепятся к раме не жестко, а с помощью упругих и гасящих элементов: резиновых подушек, пружин, амортизаторов. Такая конструкция позволяет улучшить условия работы водителя.

Грузовой кузов может выполняться в виде бортовой платформы (автомобили общего назначения), самосвальным, в виде фургона, цистерны и т. д. (специализированные автомобили). Иногда на место грузового кузова устанавливается технологическое оборудование: подъемный кран, пожарная лестница, компрессор и т. д. (специальные автомобили).

Бортовая платформа состоит из основания, пола и бортов. Основание включает продольные и поперечные балки, к которым прикреплены пол, неподвижный передний борт, а также откидные боковые и задний борта. Откидные борта соединены с основанием платформы с помощью петель, а передний борт — неподвижными стойками. В поднятом положении откид-

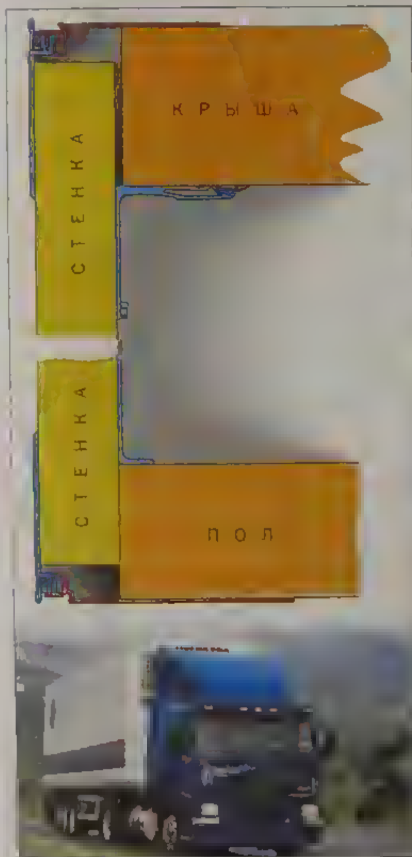


Рис. 7.10. **Кузов из сандвич-панелей**







Рис. 7.11. **Специализированные кузовы грузовых автомобилей: а — карьерный самосвал; б — фургон на шасси МАЗ; в — цистерна на шасси КамАЗ**

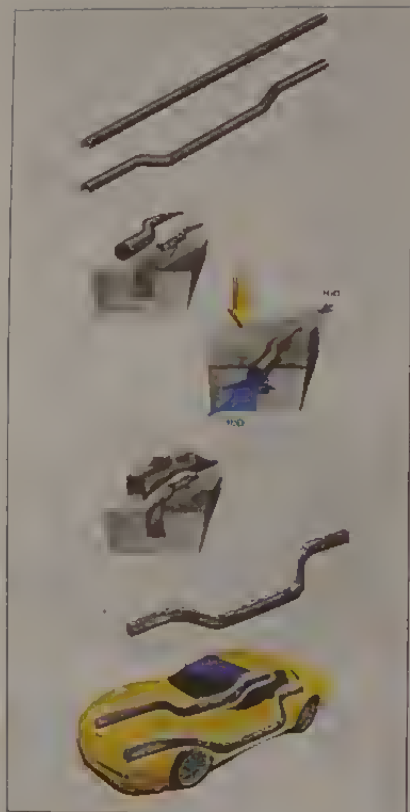


Рис. 7.12. **Метод гидроформования для изготовления стальных кузовов. На рисунке показана последовательность создания лонжерона кузова методом гидроформования**

ные борта удерживаются специальными запорами, расположенными в углах соединения бортов. Бортовая платформа в сборе прикреплена к раме автомобиля.

Бортовые платформы оборудуются дополнительными устройствами, которые обеспечивают возможность наращивания высоты бортов и установку тента.

Производство специализированных кузовов является отдельной подотраслью в автомобильной промышленности и зачастую связано с применением высоких технологий. Один из примеров — рефрижераторный кузов, то есть фургон, предназначенный для перевозки скоропортящихся товаров. В современных конструкциях таких кузовов их стены, пол и потолок изготавливают из так называемых сандвич-панелей, представляющих собой легкие и прочные трехслойные панели, включающие наружную и внутреннюю обшивки, между которыми располагается слой теплоизоляционной пены (рис. 7.10). Примечательно, что стены, пол и потолок при сборке склеиваются друг с другом.

К передней стенке рефрижератора снаружи крепится специальная холодильная установка, позволяющая поддерживать в закрытом пространстве фургона заданный температурный режим. Обычно такие установки имеют автономный источник питания (небольшой ДВС) или питаются от бортовой сети тягача.

Разнообразие специализированных кузовов (рис. 7.11) связано с необходимостью обеспечить перевозку различных типов грузов (жидкие, газообразные, сыпучие, взрывоопасные, негабаритные, скоропортящиеся, объемные и т. д.).

§ 45

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КУЗОВОВ

ТОНКОЛИСТОВАЯ СТАЛЬ

Большинство кузовов современных автомобилей выполнены из листовой стали толщиной 0,6–3,0 мм. Наряду с низкоуглеродистой сталью в последнее время активно применяется низколегированная тонколистовая сталь, которая, с одной стороны, характеризуется повы-

шенной прочностью, а с другой — сохраняет «податливость», необходимую для сложной и глубокой штамповки в огромных гидропрессах, которые обычно используются при изготовлении кузовов.

Современные высокопрочные стали применяются для панелей кузова, которые воспринимают самые высокие нагрузки от изгибающих и крутящих моментов или при поглощении энергии столкновения. Использование таких высокопрочных сталей позволяет изготовлять кузовные панели более тонкими, что приводит к экономии массы. В некоторых современных автомобильных кузовах до 50 % листовой стали является высокопрочной.

Хотя формирование панелей гидропрессом остается самым распространенным способом для изготовления стального кузова, в настоящее время развивается технология на основе гидроформования (рис. 7.12), при котором стальная труба-заготовка расширяется в форме импульсом высокого внутреннего гидравлического давления. Это — альтернативный путь создания закрытых полостей кузова; может использоваться, для формирования стоек двери, усилителей крыши, оконных рам или деталей передка.

АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Основным преимуществом использования алюминиевых сплавов является их малая плотность. Масса кузова из алюминиевого сплава может быть приблизительно в два раза легче эквивалентного стального кузова с такими же характеристиками по жесткости и пассивной безопасности. Алюминий меньше корродирует, т. к. защищен поверхностной окисной пленкой.

Главный недостаток алюминия — его стоимость, которая существенно выше, чем у аналогичной высококачественной стали. Алюминий хуже поддается контактной сварке, чем листовая сталь (сварка алюминия требует чрезвычайно точного контроля сварочного тока и времени контакта). Алюминий раньше использовался только как материал для двигателей, коробок передач и частей подвески. В кузовостроении алюминий начинает использоваться для отъемных частей кузова (двери, капот и крышка багажника), в результате экономится масса и алюминиевые части могут быть собраны отдельно и затем присоединены к кузову механическими средствами; это позволяет избежать многих технических проблем, связанных с этим материалом.

В то же время существуют конструкции частично (рис. 7.13) или полностью алюминиевых кузовов, например пространственная рама ASF фирмы Audi, производство которого требует существенной модернизации технологического процесса.



Рис. 7.13. **Элементы передней части кузова из алюминия**

ПЛАСТМАССЫ (ПЛАСТИКИ)

Пластмассы являются альтернативой алюминию, а также обеспечивают снижение массы кузова. Однако их применение сталкивается с проблемами повторной переработки (рециркуляции). Отсутствие коррозии — это результат использования пластмасс, хотя материалы эти являются трудными для переработки. Сегодня изготовители стремятся ограничить производство несколькими чистыми пластмассами, среди которых наиболее используемыми являются: полиамид (нейлон), поликарбонат, полиэтилен, полипропилен и полиуретан. Пластмассы, содержащие газы и разрушающие озоновый слой, например, поливинилхлорид (PVC — Polyvinyl Chloride) и политетрафторэтилен (PTFE) выходят из обращения.

Пластмассы повсеместно применяются там, где их преимущества очевидны, например в формованных бамперах, в которых сопротивление незначительному разрушению при ударе является чрезвычайно ценным.

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композитные материалы состоят из двух и более физических или химических компонентов, прочно соединенных между собой. Основное преимущество композитных материалов в том, что они обладают комбинацией свойств, которые не присущи отдельным компонентам. Названные материалы могут быть получены спеканием частиц, соединением слоев различных материалов или армированием одного материала волокнами другого.

Первым композитным материалом использованным в кузове транспортного средства был стеклопластик (GRP — Glass Reinforced Plastic), в котором полиэстер или эпоксидная смола соединена со стекловолокном. В готовом изделии стекловолокно обеспечивает большую часть механической прочности, в то время как основа из смол поддерживает форму и обеспечивает удобство обработки поверхности.

Альтернативный подход используется в листовой отливке (SMC — Sheet Moulding Compound), в которой гибкие листы укрепленной смолы подготовлены и затем спрессованы. Меньшие, но более толстые, компоненты могут быть сформированы из густого литьевого компаунда (DMC — Dough Moulding Compound). Наиболее часто используемый «каркас» во всех этих материалах — стекловолокно, которое является дешевым, качественным и имеет очень высокое отношение жесткости к массе. Для специального применения в дорогостоящих конструкциях используют более жесткое и прочное углеродистое волокно — кевлар, оно часто используется в качестве основы при изготовлении «кокона» гоночного автомобиля.

Различные типы слоистых материалов получили название сандвич-панели (Sandwich) — в виде пластмассовых слоев между тонкими слоями стали. Панели, сделанные из такого типа материала, могут действовать как эффективные шумопоглотители.

§ 46

ОКРАСКА И КОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА КУЗОВОВ

Одна из основных причин, снижающих срок службы современного кузова — его коррозия. Для предотвращение этого процесса кузов во время производства подвергается ряду технологических операций. Важную роль при этом играет качество окраски кузова, от которой зависит как коррозионная стойкость, так и привлекательность внешнего вида автомобиля.



Рис. 7.14. **Технологический процесс окраски кузова**

Подход к защите от коррозии и окрашиванию стал гораздо более стандартизированным за последние 20 лет. Сейчас основным способом антикоррозионной защиты кузова является покрытие листовой стали с одной или обеих сторон слоем цинка или гальванизирование ее до прессования. Эта защита обычно используется для тех частей кузова, которые больше всего подвержены коррозии: днище, крылья, панели двери, внутренние стороны арок колес и другие важные части каркаса. Некоторые изготовители, однако, обеспечивают полную защиту кузова, используя 100 % -ное гальванизирование стали. Повышенная эффективность основной защиты от коррозии уменьшила потребность в дополнительном защитном покрытии днища. Масса мастики, наносимой на днище кузова, составляет 10–18 кг. Дополнительные материалы, в виде изолирующей мастики (в большинстве случаев поливинилхлорид), наносятся на кузов вручную или в критических швах — роботом. Детали, наиболее подверженные воздействию выбрасываемых из под колес камней, изготавливают из механически стойких пластмасс.

Окраска кузовов на современных автозаводах – многоэтапный процесс (рис.7.14). В результате красочное покрытие состоит из нескольких слоев:

— защитный слой, получаемый электрофорезом (20–30 мкм);
— грунтовка (около 35 мкм);
— основной окрасочный слой (35–45 мкм);
— лакирующий слой (40–45 мкм).

В ответ на запросы потребителя технология окраски становится более сложной. Окраска типа металлик с добавлением алюминиевой пудры применяется для значительной части легковых автомобилей. Все большее количество изготовителей предлагает другой тип покрытия — перламутр, в котором визуальный эффект достигнут вкраплением в слой краски частиц слюды.

§ 47

КУЗОВ И АЭРОДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

Понятие «аэродинамика автомобиля» включает в себя много аспектов, важнейшими из которых являются:

— обеспечение минимальной силы сопротивления воздуха при движении автомобиля с целью уменьшения расхода топлива или повышения скорости движения;
— уменьшение аэродинамической подъемной силы, стремящейся оторвать автомобиль от дороги и снижающей сцепление колес с дорожным покрытием;
— снижение загрязнения стекол, ручек дверей и других поверхностей автомобиля;
— обеспечение оптимальных воздушных потоков для снабжения двигателя воздухом, его охлаждения, вентиляции салона;
— снижение аэродинамического шума.

Кузов автомобиля, особенно легкового, как наиболее крупная часть автомобиля, оказывает решающее влияние на характер взаимодействия автомобиля с воздушной средой.

Аэродинамическое сопротивление (или сопротивление воздуха), которое мешает двигаться автомобилю вперед, резко увеличивается (в квадратичной зависимости) с ростом скорости движения, а также зависит от площади поперечного сечения автомобиля и совершенства формы кузова, которое определяется коэффициентом воздушного сопротивления C_x. Основной способ уменьшения аэродинамического сопротивления — создание автомобилей с низким коэффициентом C_x, что особенно актуально для высокоскоростных автомобилей (легковые, спортивные). Обширные исследования аэродинамики, проведенные за последние 40 лет, позволили уменьшить коэффициент C_x легковых автомобилей практически в два раза и сэкономить в среднем около 1,5 л топлива на 100 км пути (рис. 7.15).

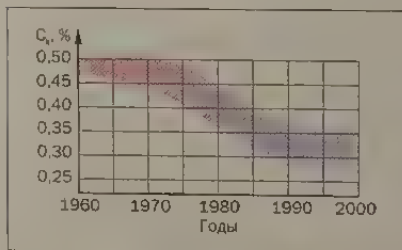


Рис. 7.15. **Снижение коэффициента C_x легковых автомобилей в конце XX века**

Этот эффект достигнут за счет выбора оптимальных углов наклона панелей кузова (ветрового и заднего стекол, капота, крышки багажника и т. д.), удалении с поверхности кузова мелких выступающих деталей (водосливных желобков на крыше, ободков фар, размещении щеток стеклоочистителей в нише под капотом), придание оставшимся выступающим деталям, например зеркалам, аэродинамических форм, сглаживания острых углов кузова (рис. 7.16).





Рис. 7.16. **Изменение аэродинамических свойств кузова автомобилей ВАЗ**

Кузов современного легкового автомобиля в профиль напоминает самолетное крыло (рис. 7.17).



Рис. 7.17. **Кузов современного легкового автомобиля**

Поэтому при движении на автомобиль действует аэродинамическая подъемная сила, которая ухудшает управляемость, устойчивость и безопасность движения. При грамотном проектировании формы кузова подъемная сила может быть существенно снижена, более того, может быть обеспечена сила, прижимающая автомобиль к дороге. Иногда для увеличения прижимающей силы применяют дополнительные кузовные элементы — спойлеры и антикрылья (профиль перевернутого самолетного крыла) (рис. 7.18). Величина аэродинамической прижимающей силы для гоночного автомобиля при движении на большой скорости может в несколько раз превышать его вес.

Аэродинамика грузовых автомобилей и автобусов хуже, чем у легковых, что объясняется невозможностью принципиально поменять форму кузова: для оптимального размещения грузов и пассажиров основа кузова должна приближаться к прямоугольному параллелепипеду. Правда, и влияние аэродинамики на эксплуатационные свойства таких автомобилей меньше, что связано с более низкими скоростями движения грузовиков и автобусов.

Тем не менее в последние годы кабины и кузовы названных транспортных средств проектируются с учетом аэродинамических требований. Это проявляется в придании кабинам более округлых форм, увеличении угла наклона ветрового стекла, установке между кабиной и кузовом аэродинамических обтекателей и закрылков (рис. 7.19).



Рис. 7.18. **Схема установки аэродинамических элементов на гоночном автомобиле:** 1 — переднее антикрыло; 2 — боковая секция; 3 — заднее антикрыло; P_1, P_2, P_3 — аэродинамические прижимающие силы переднего крыла, боковой секции и заднего антикрыла соответственно

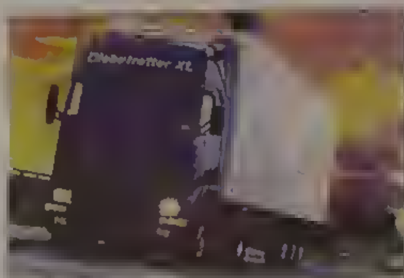


Рис. 7.19. **Кабина грузового автомобиля Volvo FH**



Рис. 7.20. **Противогрязевые обтекатели автомобиля КамАЗ**

Загрязняемость поверхностей кузова определяется его формой, расположением выступающих деталей и учитывается конструктором при проектировании кузова. Иногда для снижения загрязняемости боковых или задних стекол на кузове устанавливают дополнительные аэродинамические устройства (рис. 7.20), воздушный поток от которых отбрасывает летящую грязь.

§ 48

КУЗОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Распространено мнение, что чем прочнее кузов автомобиля, тем автомобиль безопаснее. В действительности это мнение глубоко ошибочно. Хотя автомобиль со смятой в гармошку в результате аварии передней частью производит гнетущее впечатление, но для пассажиров это может стать спасением. Если сделать кузов автомобиля прочным, как у танка, то при столкновении со стеной при скорости 50 км/ч, передняя часть деформируется не более чем на 10 см. При этом на пассажиров будет действовать замедление 100 g, а это значит, что их вес в момент удара увеличится в 100 раз. Такой прочный автомобиль останется практически не поврежденным, чего нельзя будет сказать о находящихся в нем людях. Кузовы современных автомобилей специально проектируются таким образом, чтобы его передняя и задняя части несущей конструкции легко деформировались и могли поглотить бóльшую часть кинетической энергии столкновения в течение нескольких сотых долей секунды.

Автомобиль должен обеспечивать два вида безопасности: активную и пассивную.

Активная безопасность представляет собой комплекс мер, направленных на предотвращение аварии. Эти меры обеспечиваются хорошей обзорностью с места водителя, эргономичностью, хорошей управляемостью и тормозными свойствами, информативностью и т. п.

Пассивная безопасность представляет собой меры, направленные на защиту водителя и пассажиров в случае аварии. Этот вид безопасности может быть обеспечен различными устройствами: надувными подушками безопасности, ремнями безопасности с предварительными натяжителями, мягкими панелями приборов, сминаемыми элементами каркаса кузова и т. д.

Элементы, образующие обитаемое пространство кузова (т. е. салон), должны иметь минимально возможные деформации, чтобы снизить тяжесть последствий аварии для пассажиров. Современный автомобиль, движущийся со скоростью 50 км/ч, после столкновения со стеной деформируется примерно на 80 см. На водителя и пассажиров при этом действует замедление порядка 20 g. При таком замедлении пассажиры автомобиля будут двигаться

по инерции и неизбежно столкнутся с приборной панелью, рулевым колесом или ветровым стеклом, что приведет к серьезному их травмированию. Поэтому для обеспечения пассивной безопасности в конструкции автомобиля, кроме гашения энергии при столкновении, должно быть обеспечено ограничение перемещения в нем водителя и пассажиров. В современных автомобилях эту функцию выполняют ремни и подушки безопасности.

БЕЗОПАСНОСТЬ НЕСУЩЕГО КУЗОВА

Современные автомобили имеют кузов с пространственной структурой, которая позволяет обеспечить разумную безопасность при воздействиях, возникающих в результате столкновений с любого направления. Однако статистика ДТП показывает, что наиболее опасным является лобовое столкновение. Первые официальные правила испытаний автомобилей на безопасность появились около 35 лет назад и были написаны для случаев лобовых столкновений. Сегодня требуется проводить оценку защиты против боковых наездов и ударов сзади. Большинство изготовителей автомобилей проводят собственные испытания на безопасность при переворачивании.

За последние годы выработался общий принцип, который заключается в том, чтобы разработать конструкцию несущего кузова таким образом, чтобы салон автомобиля остался бы максимально неповрежденным, в то время как передняя и задняя части были бы способны прогрессивно деформироваться, поглощая энергию столкновения. Разрушение передней и задней частей поглощает энергию столкновения через пластическую, т. е. необратимую деформацию металла. Конструктивно элементы кузова выполняются так, чтобы сминаемые элементы позволяли не только поглощать максимально возможное количество энергии, но и делали это наиболее плавно с целью минимизировать пиковое замедление. Основной метод заключается в обеспечении такой деформации, при которой коробчатые профили каркаса кузова сминаются путем продольного складывания (гармошки) (рис. 7.21).

Расположение и взаимодействие элементов каркаса задают таким образом, чтобы разрушение силовых элементов всегда начиналось в нужном месте, максимально гарантируя, что оно будет точно таким, как рассчитано на стадии проектирования. Для этого коробчатые профили, из которых изготавливают кузов, имеют углубления и выступы в определенных, строго рассчитанных местах, для получения концентрации напряжений.

При расчете характера разрушения, особенно передней части автомобиля, учитываются дополнительные силы инерции и жесткости таких деталей, как двигатель и передние колеса, входящие в контакт с препятствием.

Наиболее опасным и частым видом лобового столкновения является столкновение двух автомобилей с их поперечным смещением. Раньше проводились испытания на безопасность при лобовом ударе автомобиля в барьер, при котором имитировали смещение, направляя автомобиль под углом 30° к барьеру. Сейчас проводят испытания на столкновение при поперечном смещении автомобиля, ударяющегося в край барьера. Такой подход имеет одно неудобство — даже смещение только на 1 см может привести к существенным различиям в полученных результатах, так что необходима большая точность в расположении испытываемого автомобиля и анализа полученных результатов. Сила столкновения приводит к деформации пространственной конструкции барьера со стороны автомобиля по всей его ширине.

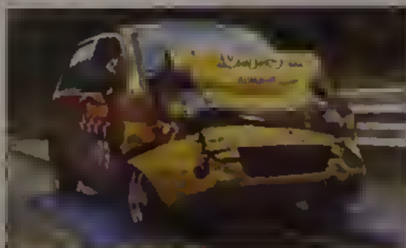


Рис. 7.21. **Смятие передней части кузова при ударе**

В настоящее время утвержден стандарт, в котором указывается, что столкновение с барьером должно происходить с 40 %-ным смещением автомобиля. Барьер представляет собой разборную металлическую сотовую конструкцию, которая может имитировать способность к разрушению встречного транспортного средства.

Стандарт Euro-NCAP устанавливает, что испытания на столкновение проводятся со скоростью 64 км/ч. Euro-NCAP не является узаконенным стандартом, но он поддержан множеством правительственных и других организаций. Большинство ведущих производителей автомобилей проводит свои испытания и на более высоких скоростях. Необходимо отметить, что энергия удара при столкновении возрастает в квадратичной зависимости от скорости движения, т. е. при столкновении на скорости 80 км/ч кузов должен поглотить на 56 % больше энергии, чем при скорости 64 км/ч. Автомобильные кузовы, выпускаемые с начала 1990-х гг., как правило, выдерживают эти испытания.

У кузова легкового автомобиля при лобовом столкновении, часто сильно деформируется область со стороны ног водителя, которая приводит к опасному перемещению педалей. В кузовах последних моделей усиливают эту область, а также разрабатываются конструкции безопасных педалей, которые отламываются и не травмируют ноги водителя. Конструкция дверей автомобиля должна обеспечивать возможность их открывания после лобового столкновения.

ЗАЩИТА ОТ БОКОВОГО УДАРА

Если раньше считалось почти невозможным обеспечить эффективную защиту от бокового столкновения, т. к. автомобили нельзя сделать такими широкими, чтобы обеспечить существенное поглощение энергии столкновения без большого смещения боковых элементов кузова внутрь салона, то недавно производители пришли к выводу, что эффективную защиту от бокового удара все же можно обеспечить, разложив ее на три этапа.

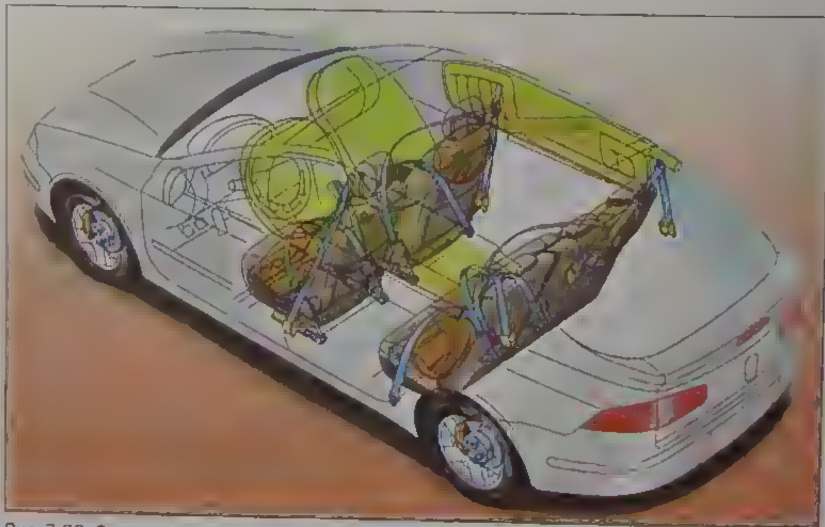


Рис. 7.22. **Системы пассивной безопасности**

На первом этапе удар должен восприниматься боковыми элементами кузова (центральной стойкой, порогами и элементами проема дверей). На следующем этапе сопротивление ударной нагрузке начинают оказывать усилители внутреннего каркаса двери и запорные элементы двери. Наконец, риск травмирования пассажира может быть снижен применением боковых подушек безопасности и заполнением внутренних полостей двери пористым материалом. Все современные системы пассивной безопасности пассажиров автомобиля Renault Laguna II представлены на рис. 7.22. Инерционно-роликовые привязные ремни для пяти пассажиров включают механизмы преднатяжения (с двумя режимами для водителя) и ограничители, в то время как имеются три различные системы подушек безопасности: лобовая, установленная в приборной панели, боковая, установленная в задних частях передних сидений, и «занавес», установленный в усилителях крыши. Моменты срабатывания для подушек и механизмов натяжения должны быть тщательно скоординированы.

Использование этих принципов в современных автомобилях дало положительный эффект, и травмирования пассажиров и водителя при боковых столкновениях уменьшились. Однако нужно учитывать, что при столкновении с легко сминаемым транспортным средством боковая защита достаточно эффективна, но от столкновения с деревом или столбом такая защита не всегда сможет спасти.

ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПАССАЖИРОВ

Ограничение перемещения пассажиров при столкновениях автомобилей достигается использованием в основном ремнями и подушками безопасности.

В большинстве развитых стран, законодательство требует обязательного использования ремней безопасности (по крайней мере, на передних сидениях). Исключение составляют некоторые штаты Америки, где широко используются надувные подушки безопасности. Они, как



Рис. 7 23. **Схема крепления ремня безопасности с преднатяжителем**

правило, имеют большие размеры и приводятся в рабочее состояние (надуваются) с очень большой скоростью, что может привести к опасности травмы от самой подушки. На сегодняшний день наиболее эффективной системой пассивной безопасности является сочетание надувных подушек с ремнями безопасности, имеющими устройства для предварительного натяжения.

В автомобилях чаще всего используют ремни диагонально-поясного типа. Ремни закреплены в трех точках: на стойке кузова, на пороге и на специальной тяге с замком. В последнее время совершенствование конструкции ремней безопасности ведется по трем направлениям: улучшение их эргономики, обеспечение дополнительных средств преднатяжения ремней в случае столкновения и ограничение нагрузки, приложенной к груди диагональным ремнем. Улучшение эргономики заключается в создании более удобных ремней и правильном их расположении, для обеспечения максимальной защиты. Ремень должен иметь возможность регулировки высоты крепления верхней точки ремня относительно плеча, в то время как внутренняя скоба теперь обычно крепится к сиденью, а не к тоннелю кузова, гарантируя правильное положение поясного ремня безопасности, независимо от размеров пассажира.

Ремни безопасности с натяжителями способствуют лучшему удержанию водителя и пассажиров при аварийной ситуации. Устройства преднатяжения могут быть механические или пиротехнические (рис. 7.24); в любом случае их цель заключается в том, чтобы устранить любое провисание ремня на теле человека, гарантируя этим надежное удержание его на сиденье. Механизм преднатяжения часто дополняется инерционными катушками, которые предотвращают провисание ремня вокруг барабана, что позволяет исключить затраты времени на выбор зазоров при столкновении.

Пиротехнические натяжители срабатывают, когда встроенный в систему датчик, регистрирует превышение ранее заданного порога замедления, свидетельствующего о начале столкновения. При этом включается детонатор пиротехнического патрона. При взрыве патрона выделяется газ, давление которого действует на поршень, соединенный с ремнем безопасности. Поршень быстро перемещается и натягивает ремень. Обычно время срабатывания устройства составляет не более 25 мс после начала удара.

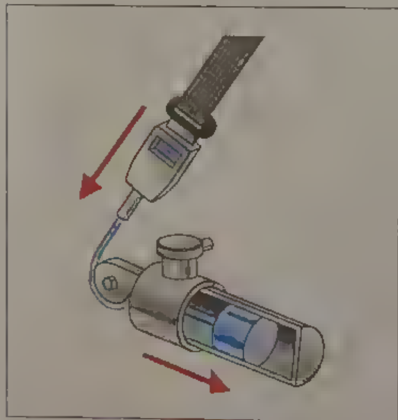


Рис. 7.24. **Пиротехнический преднатяжитель, действующий на замок ремня безопасности и подтягивающий обе лямки одновременно**

Чтобы избежать превышения нагрузки на грудь, такие ремни имеют ограничители усилия натяжения. Ограничители работают следующим образом: вначале достигается максимум разрешенной нагрузки, после чего механическое устройство позволяет пассажиру продвинуться вперед на некоторое расстояние при поддержании нагрузки на постоянном уровне. Фирма Renault первой установила такую систему на серийном автомобиле, с тех пор эти системы стали широко распространенными. Инерционная катушка с блокировкой устанавливается на скобе, ограничивающей усилие воздействия ремня на тело человека (рис. 7.25). Ограничение усилия достигается контролируемым ослаблением натяжения ремня путем пластического углового деформирования стержня (оси инерционной катушки). Такое устройство уменьшает усилия, действующие на грудную клетку, шею и голову на 30–50 %.

Рис. 7.25. **Инерционная катушка ограничивающая усилие**

В области создания средств пассивной безопасности для детей, находящихся в автомобиле, в последнее время был достигнут значительный прогресс. Был принят стандарт ISOFIX, регламентирующий порядок установки детских защитных устройств, со стандартными элементами крепления, которые должны применяться на всех автомобилях для стран Евросоюза (рис. 7.26). Основная задача состоит в том, чтобы места́ крепления сидений, соответствующие стандарту, легко устанавливались в любом автомобиле, оборудованном ISOFIX, без риска ошибки.





Рис. 7.26. **Варианты крепления детских сидений по стандарту ISOFIX**

Надувная подушка безопасности представляет собой мешок из синтетической ткани. Подушка безопасности для водителя размещается в ступице рулевого колеса, а подушка безопасности для переднего пассажира — в передней панели кузова. В случае лобового столкновения происходит мгновенное наполнение подушек газом, они надуваются перед водителем и пассажиром, что защищает от травм головы и грудной клетки. Надувные подушки безопасности заполняются газом с помощью пиротехнического патрона (или от баллона, в котором газ находится под высоким давлением). Срабатывание устройства происходит в том случае, если замедление достигает заданного уровня, свидетельствующего о столкновении. На это замедление реагирует специальный датчик. Он посылает сигнал детонатору, который взрывает пиротехнический патрон. При взрыве выделяется большое количество газа, подушка быстро расширяется, разрывает пенополиуретановый корпус, закрепленный на ступице рулевого колеса, и упирается в грудную клетку водителя. При достижении заданного давления газа в подушке, происходит разрыв специального шва и газ начинает постепенно выходить через образовавшиеся отверстия. Подушка безопасности наполняется газом примерно за 30 мс. Объем подушки безопасности для водителя на европейских автомобилях примерно равен 60 л, а объем подушки для переднего пассажира — 150 л. В комплект устройства, кроме самой подушки и детонатора с пиротехническим патроном, входят датчик удара, управляющий блок (с микропроцессором), блок питания (иногда автономный, с сухой батареей, заряда которой хватает на 4 года). Компьютер проводит постоянное тестирование устройства и в случае обнаружения неисправности включает световой сигнализатор.

Подушка безопасности может нанести большой вред человеку маленького роста или ребенку, если в случае аварии произойдет ее наполнение и она придет в соприкосновение с головой, а не грудью человека. Многие из современных автомобилей оборудуются специальными датчиками, отслеживающими вес пассажира. В простейшем варианте подушки безопасности отключаются, если место занято невысоким пассажиром. Наиболее совершенные системы используют двухступенчатое наполнение подушки безопасности, а в некоторых автомобилях для управления работой подушек используются ультразвуковые датчики, которые определяют не только размеры человека, но и положение, которое он занимает на сиденье (рис. 7.27).

Информация о пассажире может быть объединена с расчетным определением тяжести столкновения с целью регулирования процесса наполнения подушки безопасности: полное наполнение, частичное или вообще отсутствие наполнения.



Рис. 7.27. **Ультразвуковые датчики положения пассажира**

Боковые надувные подушки безопасности, оснащенные собственными газогенераторами, располагаются сбоку в спинках передних сидений (рис. 7.28). Надуваясь, боковая подушка безопасности разрывает крышку корпуса, поролон и обивку сидений. Хорошую защиту от бокового удара обеспечивает сочетание боковых подушек безопасности и надувных занавесов, которые при срабатывании раздуваются сверху вниз от боковой части крыши автомобиля.

В последнее время появились подушки безопасности, располагаемые в задних частях передних сидений или в задних ремнях безопасности, для защиты пассажиров задних сидений, а также подушки раздувающи-

Рис. 7.28. **Боковые подушки безопасности**

еся в области ног, чтобы уменьшить риск травмирования ног. Появляются также опытные конструкции внешних надувных устройств для снижения травмирования пешеходов при наезде на них автомобиля (рис. 7.29).

Удар в заднюю часть автомобиля, как правило, не имеет таких тяжелых последствий, как лобовое столкновение. В свое время существовали проекты безопасных автомобилей, в которых водитель и пассажиры сидели спиной к направлению движения, а контроль за дорогой осуществлялся с помощью телекамер и мониторов. При ударе в заднюю часть автомобиля, пассажиры и водитель обычного автомобиля за счет инерционных нагрузок вжимаются в сиденья. Единственной опасностью является отклонение головы назад с возможностью повреждения шейных позвонков. Для снижения тяжести последствий таких аварий были созданы подголовники, устанавливаемые на спинке сиденья. Обычные подголовники не могут гарантировать полной безопасности. На современных автомобилях появляются сиденья с активными подголовниками, которые после срабатывания датчика столкновения перемещаются в сторону головы человека и уменьшают нагрузку на шейные позвонки (рис. 7.30).



Рис. 7.29. **Внешние надувные подушки**




Рис. 7.30. **Сиденье с активными подголовниками. На рисунках показаны принципы действия сиденья с активным подголовником в момент удара сзади**

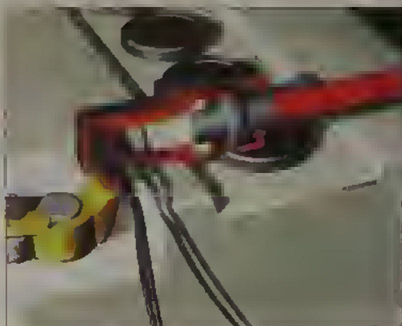



Рис. 7.31. **Аккумулятор с отключаемыми клеммами (BMW)**

Компания Volvo применяет на своих автомобилях систему WHIPS, которая существенно снижает последствия удара сзади за счет специальной конструкции передних сидений.

Особое внимание при создании автомобиля уделяется системам пассивной безопасности, не допускающим возможности возгорания автомобиля после аварии. Топливные баки современных автомобилей размещают в местах, где они наименее подвержены повреждению, а системы питания двигателей снабжаются автоматическими клапанами, отключающими подачу топлива в случае аварии. Устройства аналогичного назначения разрабатываются и для системы электрооборудования (рис. 7.31).

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Разработка систем безопасности автомобиля идет постоянно. Каждый год появляются системы (в основном электронные), которые делают автомобиль все более безопасным как для водителя и пассажиров, так и для других участников дорожного движения и пешеходов. На сегодняшний день основным направлением повышения безопасности является увеличение «зоны безопасности» вокруг автомобиля электронными средствами. Уже имеются системы, обнаруживающие близлежащие, но не видимые водителю объекты. Эти системы, в частности, помогают водителю при парковке автомобиля.

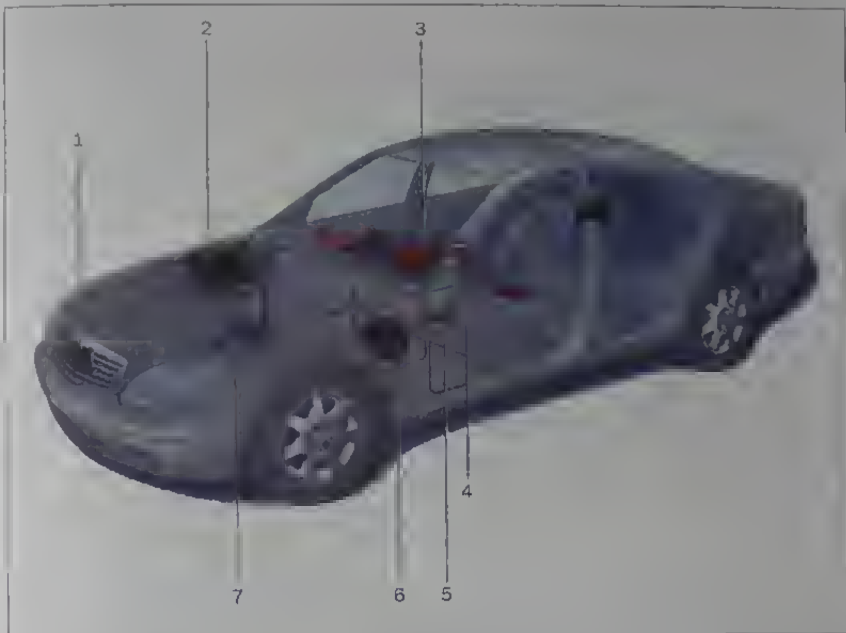


Рис.7.32. **Система раннего предупреждения о возможности столкновения Distronic:** 1 — радарный датчик расстояния; 2 — блоки управления двигателем, трансмиссией и ESP; 3 — приборный щиток с дисплеем Distronic; 4 — рычаг круиз-контроля; 5 — контрольный блок; 6 — вакуумный усилитель; 7 — блок управления Distronic

Аналогичные системы могут использоваться для обнаружения движущихся объектов. Например, в случае бокового столкновения должен ,быть чрезвычайно малый промежуток времени между моментами удара и наполнения боковой подушки. Если бы датчик мог предупреждать даже за долю секунды до столкновения, можно было бы обеспечить лучшую защиту. Даже при лобовом столкновении раннее предупреждение может сыграть положительную роль для вычисления характера и серьезности столкновения и создать наиболее оптимальное срабатывание систем безопасности (подушек, натяжителей ремней и т. д.). Раннее предупреждение удара сзади может обеспечить наилучшее срабатывание системы активных подголовников. Поэтому сейчас многие исследователи занимаются созданием защитного пространства вокруг автомобиля с помощью электроники, использующей датчики, сканирующие пространство вокруг автомобиля в различных направлениях. Например, система distronic (рис. 7.32) автомобиля Mercedes-Benz S-класса может автоматически поддерживать расстояние до впереди идущего автомобиля и при необходимости сбрасывать обороты двигателя, включать торможение и систему ESP.

Подобные системы, даже по современным стандартам, должны быть чрезвычайно «умными». Они должны учитывать случаи, когда подушки безопасности не должны срабатывать, например: автомобиль припарковался очень близко к другому автомобилю, или к стене гаража, или даже случайно задел другой автомобиль. Для создания работоспособных систем безопасности такого типа нужно решить еще очень много проблем, но это направление является наиболее важным из числа тех, которые призваны модернизировать системы защиты.

§ 49

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ КУЗОВА

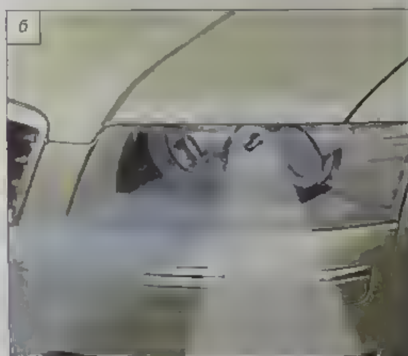
За время существования автомобиля он обрастал различными дополнительными устройствами. Некоторые устройства обеспечивают удобство вождения, другие отвечают за безопасность, а третьи создают определенный комфорт для водителя и пассажиров. Сегодня современный автомобиль трудно себе представить без некоторых дополнительных устройств и систем.

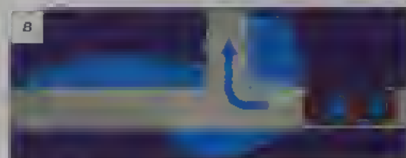
СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Хорошее освещение дороги перед автомобилем всегда было одним из основных требований безопасности движения. Автомобильные фары прошли путь от керосиновых и ацетиленовых фонарей до современных высокоэффективных систем освещения. В настоящее время большинство автомобилей оборудуется фарами с галогенными лампами, которые более эффективны, чем обычные лампы накаливания. В то же время появляется все больше автомобилей, в фарах которых монтируются газоразрядные лампы, которые еще недавно устанавливались только на автомобилях представительского класса. За последние несколько лет радикально изменились форма отражателя и технология изготовления фар.

В фаре с газоразрядной лампой источником света является электрический разряд, проходящий между двумя электродами, которые расположены внутри колбы из кварцевого стекла. Колба заполнена под давлением смесью инертного газа ксенона и металла галогена. Такие фары часто называют ксеноновыми. Освещение разрядом высокой интенсивности (HID — High Intensity Discharge) обеспечивает более низкое потребление энергии, большую долговечность и лучший световой поток. Ксеноновая лампа мощностью 35 Вт производит вдвое больший световой поток, чем галогенная лампа мощностью 60 Вт. Цветовая температура таких ламп почти соответствует дневному свету. Долговечность газоразрядных ламп достигает 3 000 ч, и это не является пределом, потому что конструкция фар, использующих принцип HID, постоянно совершенствуется. К сожалению, такие фары пока еще достаточно дороги.

Некоторые разработчики предлагают системы освещения, в которых свет создается единственным HID-источником, находящимся в специальной камере внутри автомобиля, а передается к фарам по оптоволоконным проводникам. Такая система позволит уменьшить число необходимых ламп, делает более легким размещение системы высокого напряжения и защищает наиболее дорогие элементы системы освещения от возможного повреждения при аварии. Дополнительные преимущества этой системы заключаются в том, что в осветительных приборах свет является холодным, что позволяет использовать прозрачные пластмассовые материалы, которые не могут применяться в высокотемпературных обычных лампах. Очевидно, что центральный источник света должен быть продублирован, для избежания выхода из строя всего освещения автомобиля из-за единственной неисправности. Свет высокой интенсивности может привести к временному ослеплению встречных водителей, особенно в случае неправильного направления светового луча фар. В Европе действует законодательство, которое требует, чтобы автомобили с газоразрядными фарами были оборудованы системами автоматической регулировки, корректирующими положение фар при изменении нагрузки автомобиля. В системах автоматической регулировки положения фар используются датчики, измеряющие положение элементов подвески относительно кузова.







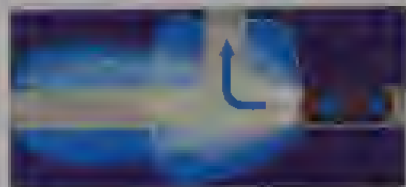


Рис. 7.33. **Расположение и типы внешних световых приборов автомобиля (а):** 1 — передние фары; 2 — задние фонари; 3 — освещение номерного знака; 4 — подсветка дверных ручек; 5 — внешнее освещение двери; 6 — противотуманные фары; **регулируемые (поворачивающиеся) фары (б) и современные системы головного освещения автомобиля с регулируемыми световыми потоками (в)**



Рис. 7.34. **Приборы освещения: а — фонари; б — подсветка фар BMW; в — подсветка дверных ручек**

Проводятся исследования по использованию ультрафиолетовых ламп в целях устранения возможности ослепления встречных водителей. Дополнительные преимущества от применения таких ламп могут быть получены, если использовать специальную отражающую краску для дорожной разметки и знаков.

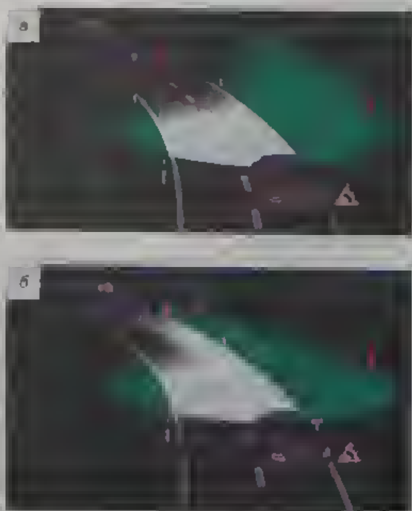


Рис. 7.35. **Освещение дороги фарами ближнего света: а — обычными фарами с асимметричным лучом; б — активной системой освещения**

Существуют опытные образцы автомобилей, которые оборудованы инфракрасными видеокамерами, которые гораздо лучше обнаруживают объекты в темноте или в тумане, особенно при использовании их в сочетании с инфракрасными фарами.

Последние разработки в области систем освещения автомобиля направлены на создание «интеллектуальных» фар (рис. 7.33), изменяющих световой поток по интенсивности, направлению и освещаемой площади (см. рис. 7.35): эти фары, в частности, поворачиваются при повороте автомобиля и освещают труднодоступные участки дороги, а также боковые участки дорог на перекрестке.

В конструкции подфарников, фонарей сигналов торможения, указателей поворотов все чаще на смену лампам накаливания приходят светодиодные матрицы, которые потребляют меньше энергии, более долговечны, а световые приборы становятся более информативными (рис. 7.34).

В некоторых странах законодательство требует обязательного применения на автомобилях систем очистки фар. Для этой цели часто применяются щеточные стеклоочистители, но им на смену приходят распылители очищающей жидкости высокого давления.

СТЕКЛООЧИСТИТЕЛИ

Сейчас уже трудно представить, что когда-то были автомобили, не имевшие стеклоочистителей. С момента их появления было опробовано много разных методов очистки стекла от дождя, включая обработку стекла специальным составом, который почти полностью устраняет поверхностное натяжение, так чтобы вода на ветровом стекле скатывалась каплями, не ухудшая обзорность. Тем не менее основным устройством для очистки стекла остаются механические щетки.

Используются различные методы улучшения качества механической очистки стекла. Некоторые изготовители применяют сложные приводы щетки стеклоочистителя в попытке очистить «слепые» зоны, оставляемые после работы обычного стеклоочистителя, движущегося по дуге. В некоторых автомобилях Mercedes используется одна щетка стеклоочистителя. Во время работы устройство выдвигает щетку к верхним углам ветрового стекла, очищая большую его область, чем две обычных щетки.

Фирмы Bosch и Valeo предлагают использовать для каждой щетки стеклоочистителя индивидуальные электродвигатели вместо одного двигателя со сложной и громоздкой кинематикой. Работой этих двигателей может управлять электроника, обеспечивающая не только синхронную работу стеклоочистителя, но и возможность удаления щеток из поля зрения водителя, после окончания очистки стекла. Датчики дождя (рис. 7.36), способные «видеть» капли воды на стекле и включать стеклоочистители автоматически, теперь начинают появляться на автомобилях массового производства.

Кроме того, для очистки ветрового стекла (а иногда и заднего) применяются стеклоомыватели, состоящие из бачка с запасом воды, электроприводного насоса, обратных клапанов, трубок и жиклеров-распылителей.

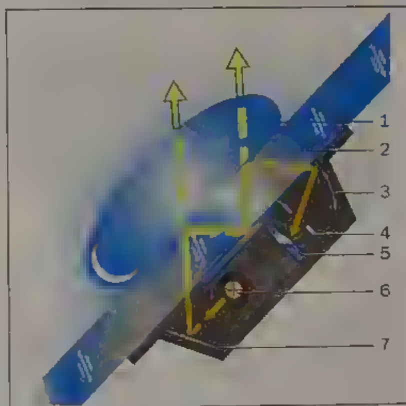


Рис. 7.36. **Схема датчика дождя:** 1 — капля дождя; 2 — ветровое стекло; 3 — зеркало; 4 — диафрагма; 5 — фотодатчик; 6 — источник света; 7 — зеркало

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Водитель, находящийся за рулем автомобиля, постоянно должен следить за показаниями приборов, находящимися на приборном щитке. Некоторое время назад считалось, что чем больше приборов имеет автомобиль, тем лучше. Стрелочные приборы позволяли узнавать о давлении и температуре масла, температуре охлаждающей жидкости, напряжении и силе тока в электрической сети и т. п. Сегодня наблюдается другая тенденция — обеспечивать водителя только самой необходимой информацией. Практически



Рис. 7.37. **Элементы контрольно-измерительных приборов**

основной и необходимой водителю информацией являются данные о скорости движения, количестве топлива в баке, температуре охлаждающей жидкости и частоте вращения коленчатого вала.

Хотя большинство автомобильных приборов все еще традиционно выполняются круглыми и со стрелками, сейчас все чаще используется технология электронного дисплея (рис. 7.37).

Информация о скорости автомобиля поступает теперь на спидометр не от гибкого троса, соединенного ведомым валом с коробкой передач, а от компьютера АБС. Такой способ определения скорости движения не только надежнее, но и точнее.

В конструкциях некоторых автомобилей используются устройства с виртуальным дисплеем, который проецирует изображение показаний приборов на ветровое стекло, на значительном расстоянии перед автомобилем (рис. 7.38). Виртуальный дисплей создает перевернутое изображение, но оно, снова оптически обработанное, появляется впереди на некотором расстоянии. Такие устройства уменьшают потребность в переносе взгляда между дорогой и приборами.

Часть информации водитель получает с помощью ламп аварийной сигнализации. Некоторые автомобили имеют большое световое табло, которое, привлекая внимание водителя, информирует его о возможных нарушениях в работе разных систем автомобиля. В некоторых случаях лампы аварийной сигнализации объединяются в графическую тестовую панель, на которой появляются предупреждающие надписи, а также рисунки-пиктограммы, демонстрирующие, какая дверь автомобиля





Рис. 7.38. **Виртуальный дисплей**

закрыта не полностью, а иногда и дающая информацию о давлении в шинах. Некоторая информация подается звуковыми сигналами, например чтобы напомнить водителю о том, что он забыл выключить освещение.

В настоящее время все больше автомобилей оснащаются системами электронной парковки, использующими ультразвуковые датчики расстояния. Система парковки, как правило, включается автоматически при включении передачи заднего хода. Водитель оценивает расстояние до препятствия посредством линейки цветных огней в углу зеркала заднего вида, а при уменьшении расстояния до препятствия ниже определенного предела включается звуковой сигнал. Некоторые автомобили не только высокого, но и среднего класса оборудуются видеокамерами заднего обзора, выводящими изображение на дисплей, расположенный перед водителем.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

На рынке сейчас предлагается много систем, которые обеспечивают водителя навигационной информацией: показывают текущее местоположение автомобиля на улично-дорожной сетке и предлагает более удобный маршрут для поездки к месту назначения.

Принципы автоматической навигации хорошо разработаны, и конкурирующие системы отличаются друг от друга только в деталях аппаратных средств ЭВМ и программного обеспечения. Географическая информация сохраняется на CD и DVD, что дает возможность оперативного обновления и позволяет использовать одну навигационную систему для различных местностей. Положение транспортного средства определяется с помощью спутниковых данных Глобальной системы позиционирования (GPS — Global Positioning System). Система GPS должна постоянно пересчитывать положение автомобиля после попадания в «мертвые точки» (например, тоннели или области «радиотени» в больших городах).

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются мощные системы, способные воспринимать информацию в реальном масштабе времени от информационных систем движения. Они предупреждают водителя о пробках на дорогах, местах стоянки и отдыха, заправочных станциях и позволяют навигационной системе автоматически повторно вычислять самый короткий маршрут, если на ранее рассчитанном маршруте возникают транспортные заторы и задержки движения.

Для отображения информации используются дисплеи с ярким и четким экраном (рис. 7.39).

В наиболее современных системах используется речевое управление с синтезаторами речи, что дает возможность водителю управлять различными устройствами с помощью собственного голоса, а также получать информацию в виде голосового сопровождения, не отвлекаясь от управления автомобилем. Используя такие устройства, например, на некоторых автомобилях Jaguar, водитель через голосовую связь «общается» с автомобилем, заставляя его выполнить определенную операцию. В настоящее время, чтобы пользоваться такой системой, водитель должен изучить небольшой список стандартных фраз.

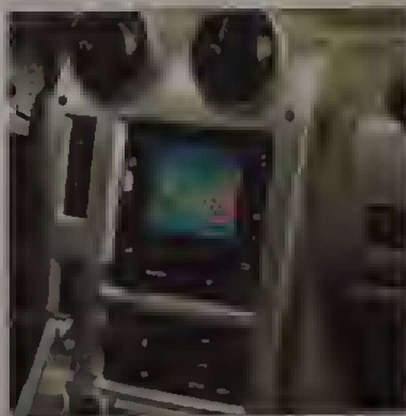


Рис. 7.39. **Дисплей навигационной системы**

Для того чтобы водитель и пассажиры ощущали себя в автомобиле комфортно и не утомлялись в продолжительных поездках, автомобильный кузов должен иметь соответствующее оборудование. Наиболее важным является наличие эргономичных и удобных сидений, которые должны равномерно распределять нагрузку от тела пассажира по подушке и спинке. Люди имеют различные габариты и массу, поэтому сиденье, особенно водительское, должно иметь разные регулировки, чтобы обеспечить возможность управления автомобилем без необходимости изменять свое положение в попытке дотянуться до рулевого колеса, педалей или кнопок.

Почти все передние сиденья легкового автомобиля позволяют регулировать продольное положение и угол наклона спинки сиденья. Некоторые сиденья имеют также регулировку по высоте. Механизмы регулировки могут быть простыми механическими или с электроприводом. Сиденья с электроприводом часто оборудуются запоминающими устройствами с памятью на несколько положений, для удобства использования автомобиля разными водителями.

Большинство современных автомобилей имеют механизмы регулировки положения рулевого колеса. Рулевое колесо может занимать различные положения в вертикальной (изменяя наклон) и продольной плоскости (изменение длины рулевого вала). Регулировка положения рулевого колеса может производиться вручную или с применением электропривода; в последнем случае несколько положений могут запоминаться. Некоторые автомобили Audi продаются с несколькими комплектами ключей, которые имеют брелоки разного цвета, предназначенные для различных членов одной семьи. При нажатии кнопки брелока отключается сигнализация, открываются двери автомобиля, а сиденье и рулевое колесо устанавливаются в положение, которое было задано заранее под конкретного водителя.

Каркас передних сидений изготавливается из стальных элементов, на которые накладываются подпружиненные подушки из пенополиуретана. Нижняя подушка сиденья обычно имеет поперечный выступ в передней части, который предотвращает «подныривание» под нижнюю часть ремня безопасности в случае лобового столкновения. Правила безопасности требуют, чтобы места крепления сидений к полу были достаточно прочными для предотвращения отрыва сиденья в момент столкновения. Спинка сиденья не должна складываться, если в нее ударяется пассажир, расположенный за этим сиденьем.

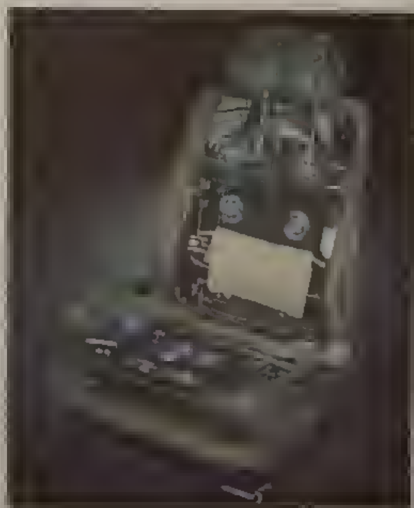


Рис. 7.40. **Сиденье с обдувом**

Конструкция отдельных сидений дает возможность изменять его форму для большего удобства. С этой целью внутри сиденья располагаются надувные полости, объем которых можно увеличивать или уменьшать с помощью ручного насоса или специального компрессора с электроприводом. Под обивкой некоторых сидений располагают нагревательные элементы, а интенсивность нагрева может регулироваться. Появились сиденья, в которые встроена целая система вентиляторов, обеспечивающих обдув через пористую структуру обивки подушки и спинки сиденья (рис. 7.40).

Новые автомобили Mercedes-Benz E-класса комплектуются сиденьями, в которых имеются надувные полости, обеспечивающие боковую поддержку водителя. Управление

объемом этих полостей осуществляется компьютером, который получает сигнал от датчика боковых ускорений и изменяет объем полостей справа или слева в зависимости от направления и скорости прохождения поворота.

Современные грузовые автомобили и автобусы, особенно предназначенные для дальних поездок, также оборудуются комфортабельными сиденьями, имеющими большой диапазон регулировок. Такие сиденья имеют пружинную или пневматическую подвеску с амортизаторами. Наиболее совершенные конструкции автоматически определяют вес водителя и соответствующим образом изменяют упругие и гасящие свойства подвески сиденья.

ОБОГРЕВ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Производители автомобилей постоянно стараются повысить комфортабельность салона автомобиля. Первые автомобили были открытыми и не защищали пассажиров от непогоды. Автомобили 20-х гг. уже имели крышу, которая защищала пассажиров задних сидений автомобиля. Автомобили с закрытым кузовом и отапливаемым салоном появились в 1950 г. В 70-е гг. стали широко применяться автомобильные кондиционеры.

Современные системы вентиляции и отопления стали более совершенными и производительными и могут обеспечить водителя и пассажиров более высоким уровнем комфорта.

В настоящее время практически все автомобили оборудуются отопителями, которые смешивают потоки горячего и холодного воздуха. Большие бесшумные и многоскоростные вентиляторы заменили воздухозаборники нагнетательного типа, уменьшив зависимость работы систем отопления и вентиляции от скорости движения автомобиля. Получают все большее распространение терморегуляторы с электронным управлением, поддерживающие заданный уровень температуры в салоне. Для сокращения нежелательного солнечного нагревания через окна и особенно через ветровое стекло используют тонированные стекла и отражающие металлизированные покрытия.

Типичная минимальная комплектация серийного автомобиля состоит из отопителя смешивающего типа, многоскоростного и малошумного центробежного вентилятора и направляющих каналов с заслонками, которые распределяют воздух к ветровому и боковым окнам и в салон автомобиля на уровне лица и нижней части ног.

Использование отопителя для оттаивания замерзшего стекла в холодное время года приводит к замедлению прогрева двигателя, поэтому все большее распространение получают ветровые стекла с электрическим нагревателем. Современные проволочные нагреватели вставляются внутрь стекла в процессе производства. Толщина проводников настолько мала, что они практически невидимы и поэтому не ухудшают обзорность. Электрический обогрев стекол не только быстр и эффективен, но и помогает двигателю быстрее прогреваться, создавая дополнительную нагрузку через генератор.

Системы вентиляции многих автомобилей комплектуются эффективными фильтрами. Кроме фильтров, которые задерживают пыль и твердые частицы, используются фильтры с активированным углем, улавливающие загрязняющие вещества и запахи.

Отопление салона кузова автобуса обычно осуществляется с помощью калориферной системы, использующей теплый воздух от радиатора системы охлаждения двигателя. Теплый воздух поступает в отопительные каналы кузова и из них в салон и кабину водителя. Вентиляция салона кузова автобуса производится через систему отопления, через открывающиеся боковые окна, вентиляционные люки, расположенные в крыше над проходом пассажирского салона, и через воздухозаборник, находящийся в передней части автобуса.

Подавляющее большинство автомобилей в США и Японии теперь оснащены кондиционерами, доля европейских автомобилей с кондиционерами также постоянно увеличивается.

КОНДИЦИОНЕРЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Кондиционирование воздуха в салоне автомобиля обеспечивает создание наиболее комфортного микроклимата. Для охлаждения воздуха в салоне автомобиля используются известные физические принципы, в соответствие с которыми при быстром расширении жидкости или газа, находящегося под давлением, происходит падение температуры, поскольку снижение давления сопровождается поглощением теплоты из окружающей среды. Другим источником холода могут служить затраты тепла на испарение жидкости. Если капнуть на руку какой-либо летучей жидкости (спирт, эфир), она начнет испаряться и в этом месте почувствуется холод. В кондиционерах используются оба этих явления.

В простейшем кондиционере (рис. 7.41) имеется баллон (ресивер), в котором под давлением находится жидкий хладоагент с температурой окружающей среды.

Хладоагент выходит из ресивера по трубопроводу и через редуктор давления поступает в испаритель. Испаритель ускоряет процесс испарения. Для этого он имеет большую поверхность и является теплообменником между хладоагентом и окружающим воздухом. Для ускорения прохождения воздуха через испаритель используется вентилятор, который может продувать воздух, поступающий снаружи автомобиля или циркулирующий внутри салона. Хладоагент, пройдя через редуктор, постепенно испаряется внутри змеевика испарителя, и охлаждается, отдавая холод воздуху, проходящему через испаритель. Из испарителя хладоагент выходит в газообразном состоянии и при низком давлении. Для того чтобы цикл охлаждения происходил постоянно, необходимо сжать газ и перевести его в жидкое состояние. С этой целью используют компрессор и конденсатор. Газообразный хладоагент по трубопроводу поступает в компрессор, который приводится в действие от вала двигателя. Компрессор сжимает газ до высокого давления. Для охлаждения сжатого газа используется еще один теплообменник — конденсатор, который устанавливается перед радиатором системы охлаждения двигателя. Сжатый хладоагент охлаждается в конденсаторе продуваемым воздухом и переходит в жидкую фазу, после чего возвращается в ресивер, и цикл может повторяться.

Долгое время в автомобильных системах кондиционирования применялся хладоагент, принадлежащий к классу хлорфторуглеродных химических соединений (CFC) и называемый фреоном (например, фреон 12). Из-за возможного разрушения озонового слоя Земли и общей токсичности во многих странах использование фреона запрещается. Производители автомобилей вынуждены были перейти к хладоагенту R134a. Этот хладоагент относится к классу гидрофторуглеродов (HFC), не содержит хлора и не очень вреден. Однако для эффективной работы автомобильных кондиционеров, использующих R134a, требуется более высокое рабочее давление.

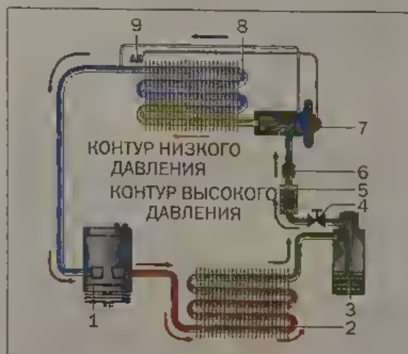


Рис. 7.41. **Принципиальная схема кондиционера**: 1 — компрессор с электромагнитной муфтой; 2 — конденсатор; 3 — ресивер; 4 — кран; 5 — фильтр; 6 — смотровое окно; 7 — редукционный клапан; 8 — испаритель; 9 — датчик температуры

Ресивер кондиционера не только обеспечивает хранение хладоагента, но фильтрует его и удаляет влагу (иногда фильтр устанавливается отдельно от ресивера). Влага удаляется с помощью специального адсорбента, который имеет ограниченный срок службы. Ресивер не ремонтируется и подлежит замене в случае выхода из строя. Попадание воздуха в систему приводит ресивер в негодность.

Редуктор понижает давление жидкого хладоагента и управляет его расходом в зависимости от температуры на выходе из ис-

парителя. В редукторе имеется терморегулятор, который уменьшает подачу жидкого хладоагента, если температура выходящего из испарителя хладоагента очень низкая, что, в свою очередь, указывает на неполное его испарение.

Испаритель выполнен в виде нескольких змеевиков, изготовленных из алюминиевых трубок (для R134a). При работе кондиционера на трубках испарителя конденсируется влага, содержащаяся в воздухе. Капли влаги собираются в поддоне и удаляются через трубопровод под автомобиль. Вода, собирающаяся под автомобилем с работающим кондиционером, не является следствием неисправности его агрегатов.

Наиболее распространенным типом компрессоров автомобильных кондиционеров являются поршневые (рис. 7.42). Вал компрессора приводится в действие от коленчатого вала двигателя с помощью ременной передачи и электромагнитной муфты.

С ведущим валом компрессора соединена наклонная шайба, которая при своем вращении перемещает несколько (5–7) поршней. Корпус с цилиндрами закрыт крышкой с системой клапанов. Существуют поршневые компрессоры переменной производительности. Производительность компрессора определяется заданной температурой охлаждения. У таких компрессоров может изменяться наклон шайбы, что приводит к изменению хода поршней и, следовательно, производительности. Такие компрессоры оказывают меньшее влияние на работу двигателя при включении муфты, что очень важно для маломощных двигателей. Кроме того, они обеспечивают большую стабильность заданной температуры.

В последнее время в автомобильных кондиционерах на смену поршневым компрессорам приходят роторно-пластинчатые. В таких компрессорах на вращающемся вале установлен ротор с радиальными прорезями, в которые вставлены скользящие пластины, прижимающиеся к эллиптической поверхности статора. При вращении ротора рабочие полости, расположенные между соседними пластинами, изменяют свой объем, что дает возможность создавать высокое давление хладоагента. Компрессоры этого типа имеют меньшие габариты, отличаются плавностью в работе и низким уровнем шума.

В самых последних разработках компрессоров для автомобильных кондиционеров используются переменно-угловые пластинчатые двигатели, изменяющие рабочий ход компрессора и таким образом регулирующие расход мощности в зависимости от потребностей системы. Также появилось большое количество компрессоров с электрическим приводом (особенно в Японии). Основное преимущество электрического двигателя — энергетическая эффективность в совокупности с возможностью электронного управления.

Все больше современных автомобилей оборудуется не простыми кондиционерами, а системами климат-контроля (HVAC — Heating, Ventilation and Air Conditioning).

Такие системы управляются с помощью электроники, используя датчики температуры и интенсивности солнечного излучения, чтобы автоматически поддерживать заданные параметры микроклимата независимо от наружной температуры. Во всех датчиках температуры — внутренней и наружной температуры воздуха, температуры испарителя и охлаждающей жидкости двигателя — используются термисторы. В некоторых автомобилях имеются небольшие холодильники и бары. Конструкции отдельных климатических установок допускают раздельное регулирование температуры в различных зонах салона автомобиля.

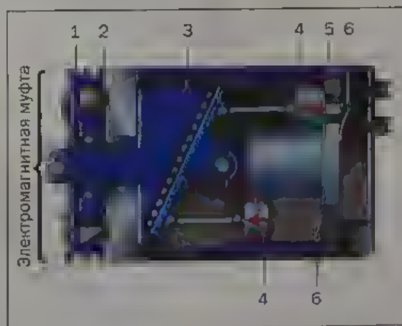


Рис. 7.42. **Схема компрессора автомобильного кондиционера:** 1 — шкив; 2 — электромагнит; 3 — наклонная шайба; 4 — поршень; 5 — крышка блока цилиндров; 6 — клапаны

Практически все междугородные автобусы в настоящее время также оборудуются кондиционерами (рис. 7.43). Сам кондиционер устанавливается на крыше автобуса, а охлажденный воздух подается по воздуховодам к сиденьям пассажиров. Каждый пассажир с помощью регулятора может настроить силу и направление потока холодного воздуха.

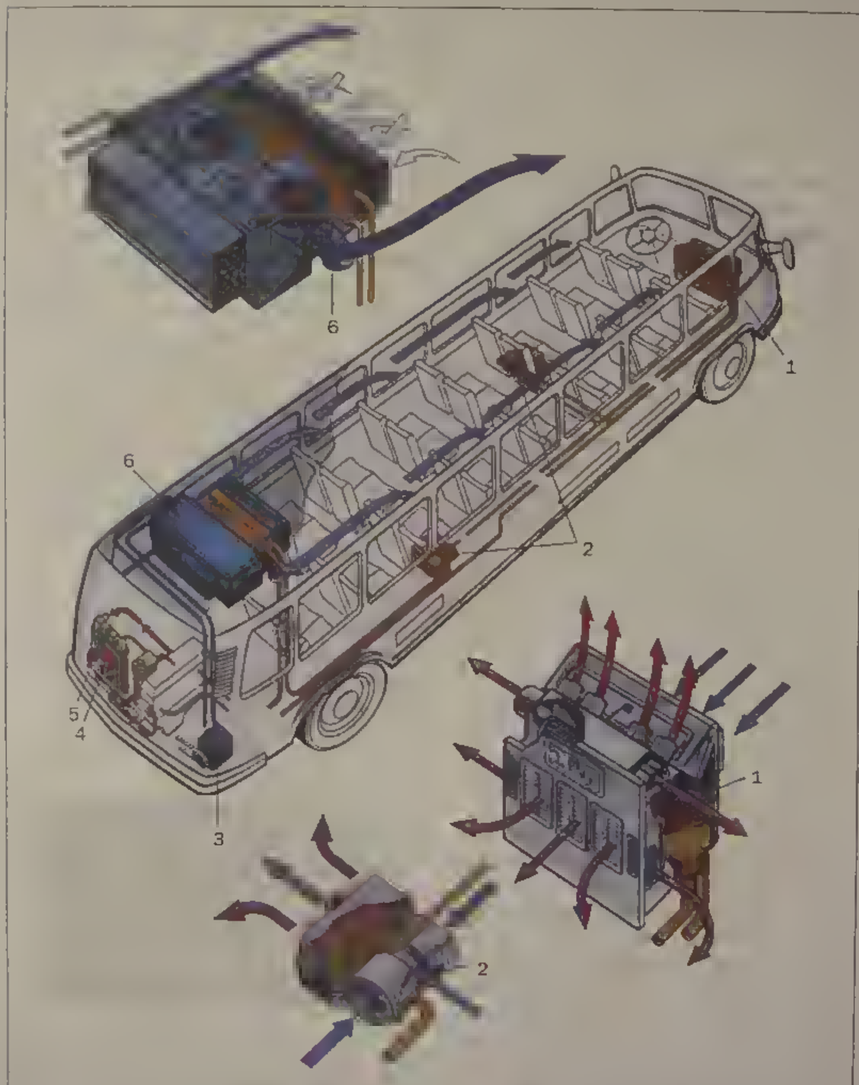


Рис. 7.43. **Система кондициоиироваиия воздуха в автобусе:** 1 — передний отопитель; 2 — дополнительные боковые отопители; 3 — компрессор; 4 — вентилятор с вискомуфтой; 5 — радиатор; 6 — устройство вентиляции и кондиционирования

ГЛАВА 8

Движение необходимо любому человеку, и любое техническое средство, позволяющее ускорить это движение, повысить мобильность человека, всегда будет пользоваться спросом в этом мире. Потребность в каждодневном перемещении на относительно небольшие расстояния наилучшим способом удовлетворяет легковой автомобиль, находящийся в собственности владельца.

Тенденции развития конструкции автомобиля

§ 50

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЯ

Персональный легковой автомобиль в современном мире наиболее привлекателен для человека как средство каждодневного транспорта, во-первых, по своим техническим возможностям, во-вторых, из-за способности удовлетворить в наибольшей степени индивидуальные запросы каждого владельца.

Это привело к тому, что автомобиль стал самым массовым транспортным средством в мире, количество автомобилей увеличивается (в первую очередь легковых), и, видимо, эта тенденция сохранится и в ближайшем будущем.

Но массовая автомобилизация несет и негативные последствия: гибель и ранения людей на дорогах, загрязнение окружающей среды, снижение скорости перемещения из-за транспортных заторов, влияние на здоровье человека транспортного шума, увеличение площадей полезных земель, занятых автомобильными дорогами, стоянками и т. д.

В связи с этим конструкция автомобиля будет совершенствоваться в следующих направлениях:

1. **Повышение безопасности автомобиля.**

Установлено, что причинами большинства дорожно-транспортных происшествий являются ошибки водителей. Можно ожидать, что получат дальнейшее распространение системы, скорее всего, электронные, которые будут принимать на себя некоторые функции управления автомобилем или помощи водителю в критических режимах.

Получат распространение общие информационные системы, имеющие связь с каждым автомобилем (системы телематики) и позволяющие осуществлять контроль за состоянием транспортной сети определенного региона и заранее предупреждать водителя о возникновении аварийных ситуаций, рекомендовать наиболее рациональные маршруты движения. По оценкам европейских специалистов применение электронных помощников водителя и систем телематики позволит к 2010 г. вдвое уменьшить число дорожно-транспортных происшествий.

2. **Уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и снижение затрат энергии.**

Получат дальнейшее развитие устройства, позволяющие снижать вредные выбросы традиционных двигателей внутреннего сгорания. Усилится борьба за экономию нефтяного топлива как с позиций снижения объемов его потребления, так и с позиции уменьшения объемов выбросов CO_2, создающего парниковый эффект.

Увеличится доля автомобилей, работающих на альтернативных источниках энергии: природный газ, водород, биотопливо. Экономии энергии будет способствовать уменьшение собственной массы автомобиля, применение гибридных силовых установок. Ожидается, что общий расход энергии автомобилями к 2010 г. по сравнению с 2000 г. уменьшится на 25 %.

Будет снижен транспортный шум автомобилей, в первую очередь за счет разработки и использования малошумных автомобилей.

3. **Повышение привлекательности автомобиля для потребителя.**

Данное направление охватывает широкий круг вопросов и связано со стремлением автопроизводителей создавать автомобили, наиболее полно отвечающие индивидуальным запросам конкретного человека. Можно ожидать снижение до 1,5 лет периодичности выпуска на рынок новых моделей, увеличение количества модификаций автомобиля, применение новых устройств, повышающих комфорт (систем поддержания необходимого климата в салоне, устройств автоматического управления агрегатами и т. д).

Особую роль будет играть широкое применение информационных систем, позволяющих водителю получать при движении объективную и полную информацию как о работе самого автомобиля (средства встроенной диагностики), так и различную информацию из глобальных информационных систем (системы телематики). Это сделает возможным более эффективно интегрировать автомобиль в общую транспортную систему, а водителя и пассажиров — в систему обмена информацией с другими людьми.

§ 51

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

За последние двадцать лет автомобильная промышленность достигла огромных результатов по снижению содержания вредных веществ в отработавших газах. Запрет на использование этилированных бензинов, применение каталитических нейтрализаторов отработавших газов и современных систем питания ДВС, позволили существенно уменьшить вредное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека.

При работе автомобильных ДВС в атмосферу выбрасываются не только токсичные газы, но и двуокись углерода (CO_2). Этот газ выполняет важную роль в атмосфере Земли. Однако за последние 100 лет его содержание в атмосфере значительно увеличилось и не последнюю роль в этом играет автомобильный транспорт. Некоторые ученые утверждают, что увеличение содержания CO_2 в атмосферном воздухе приводит к глобальному потеплению.

Двигатели современных автомобилей стали более экономичными, а это привело к уменьшению выбросов двуокиси углерода. Применение альтернативных видов топлива также способствует как снижению вредных веществ в отработавших газах, так и снижению количества двуокиси углерода.

Сжиженные нефтяные газы (LPG — Liquefied Petroleum Gas) дают возможность снизить содержание вредных веществ в отработавших газах и одновременно примерно на 10 % уменьшить количество CO_2, выделяемого при работе ДВС.

Сжатый природный газ (CNG — Compressed Natural Gas) — это альтернативное топливо, которое может использоваться в ДВС с искровым зажиганием и в дизелях. Для использования в качестве топлива в ДВС он должен быть сжат до высокого давления, чтобы занимать меньший объем. Этот газ может транспортироваться в баллонах высокого давления. При его использовании в качестве топлива, обеспечивается снижение выбросов вредных веществ в атмосферу.



Рис. 8.1. **Автомобиль BMW 740 hL имеет бак с жидним водородом, который используется, как топливо для ДВС и для топливного элемента, заменяющего обычный аккумулятор. Использование топливного элемента обеспечивает работу кондиционера на стоянках с неработающим двигателем**

Метанол (Methanol) — спиртовое топливо, получаемое в процессе переработки нефти или каменного угля. При использовании метанола в качестве топлива для ДВС обеспечивается снижение уровня двуокиси углерода в отработавших газах на 5 % по сравнению с бензином. Однако для получения той же мощности требуется вдвое большее количество топлива, чем при использовании бензина.



Рис. 8.2. **Автомобиль Mini Cooper, с двигателем, работающем на водороде**

Этанол (Ethanol) — спиртовое топливо, получаемое из растений, таких как кукуруза, сахарный тростник и др., имеет примерно такие же свойства, как метанол и производит при сгорании меньшее количество оксидов азота и снижение содержания двуокиси углерода на 4 % по сравнению с бензином. Отработавшие газы ДВС, работающего на этаноле, содержат вредные альдегиды, которые обладают неприятным запахом, вызывают раздражение слизистых оболочек организма человека и не могут быть устранены с помощью каталитических нейтрализаторов.

Водород (H_2) — горючий газ, который при сгорании соединяется с кислородом образуя воду. Водород является наиболее перспективной альтернативой углеводородным видам топлива. Водород также является перспективным топливом для использования в силовых установках на топливных элементах.

Перечисленные альтернативные виды топлива могут в отдельных случаях, использоваться для автомобильных двигателей. Многие производители автомобилей имеют в своей программе выпуск автомобилей, которые могут использовать альтернативные виды топлива. Наиболее распространены автомобили, которые могут использовать наряду с бензином сжиженный газ или природный сжатый газ (Volvo, Vauxhall, Mersedes и др.).

Больших успехов в использовании водорода в качестве автомобильного топлива добилась компания BMW, которая разработала ДВС, работающие на водороде. Двигатели опытных автомобилей BMW 750hL и Mini Cooper Hydrogen (рис. 8.1; 8.2) оборудованы системой впрыска жидкого и охлажденного водорода, смешивающегося с воздухом во впускном трубопроводе. Такой подход дает возможность улучшить наполнение цилиндров ДВС топливно-воздушной смесью и свести до минимума загрязнение окружающей среды.

Использование альтернативных видов автомобильного топлива может несколько замедлить перспективу исчерпания мировых запасов нефти, но полностью не решает данной проблемы. Поэтому большинство ведущих мировых производителей автомобилей сейчас вплотную занимаются разработкой силовых установок, где используются альтернативные источники энергии.

§ 52

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Запасы углеводородных видов топлива в мире ограничены. Некоторые исследователи утверждают, что этих запасов хватит на 60–80 лет, более пессимистично настроенные ученые говорят, что человечество исчерпает эти запасы через 40 лет. С другой стороны, все большую озабоченность вызывает загрязнение окружающей среды, не последнюю роль в котором играют автомобили.

Некоторое время назад существовало мнение, что на смену автомобилям с привычным ДВС придет «экологически чистый электрический автомобиль». Были созданы варианты электромобилей, где для привода ведущих колес использовались электродвигатели, а запас электроэнергии для необходимого пробега, обеспечивался аккумуляторными батареями, которые располагались непосредственно на автомобиле и могли подзаряжаться на специальных зарядных станциях (рис. 8.3).

Такой подход использования аккумуляторных электромобилей игнорировал очевидный факт, что это полностью не решает вопрос глобального загрязнения окружающей среды. Для зарядки аккумуляторов используется электроэнергия, получаемая от электростанций, которые в своем большинстве сжигают углеводородное топливо. При этом загрязнение окружающей среды просто переносится в другую местность. В конце 1990-х гг. в несколькими крупными производителями автомобилей были приложены определенные усилия, чтобы организовать широкий автомобильный рынок электрических автомобилей в шт. Калифорния, но эти усилия потерпели неудачу, частично из-за ограниченного запаса энергии (энергоемкости) аккумуляторов, используемых на этих электромобилях, но главным образом потому что сами аккумуляторные батареи, оказались очень дорогими в производстве, и имели слишком маленький ресурс до необходимости их подзарядки или замены. Некоторые исследователи также подвергали сомнению улучшение экологии в том случае, если большинство транспортных средств в мире будут электрическими, потому что производство (и переработка) батарей связаны с применением огромного количества тяжелых металлов, таких как свинец и кадмий. Неужели это означает конец мечты об электромобиле? Ни в коем случае! Электромобили, вероятно, будут использоваться только для выполнения специальных задач, таких как организация коммерческих перевозок в городских центрах. Более правильным будет считать электромобилем тот, колеса которого приводятся в действие электроэнергией, и затем уже разделить такие транспортные средства на три типа, к первому из них, принадлежит простой аккумуляторный электромобиль. Второй вариант — это гибридный автомобиль HEV (Hybrid Electric Vehicle); в нем двигатель внутреннего сгорания приводит в действие генератор, производящий в свою очередь электроэнергию для привода колес. Наконец,



Рис. 8.3. **Зарядная станция для электромобиля**

в перспективе будут использоваться автомобили, в которых электроэнергия получается с помощью топливного элемента. В мире принято называть такие автомобили FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle — автомобиль на топливных элементах). Похоже, что в течение следующей половины столетия автомобили на топливных элементах постепенно станут стандартным типом легкового автомобиля, а гибридные помогут сгладить переходный период. Двигатель внутреннего сгорания в конечном счете станет устаревшим и старомодным, и мы будем смотреть на него твк, как мы сейчас смотрим на паровой двигатель, в то время как останется небольшое количество аккумуляторных электромобилей, которые будут передвигаться по маршрутам, не слишком удаленным от мест их подзарядки. Чтобы более ясно представить это будущее, мы должны рассмотреть гибридные автомобили и автомобили на топливных элементах более подробно, но сначала необходимо рассмотреть варианты аккумуляторных батарей и их возможных альтернатив, даже если аккумуляторные автомобили ждет ограниченное применение.

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Аккумуляторные батареи (или аккумуляторы) являются обязательной принадлежностью обычного автомобиля с ДВС. Они используются для запуска двигателя с помощью стартера и обеспечивают электроэнергией различные потребители при стоянке автомобиля с неработающим двигателем. Для подзарядки аккумуляторной батареи и получения электроэнергии при движении автомобиля используется генератор, который приводится в действие от ДВС. Наибольшее распространение в качестве автомобильных получили свинцово-кислотные аккумуляторы. Какова же эффективность такого источника энергии?

Энергия, получаемая при сгорании 1 кг бензина, примерно эквивалентна 12 кВт/ч, из которой 4,5 кВт/ч преобразуется в механическую энергию в обычном автомобильном ДВС. Стандартный автомобильный свинцово-кислотный аккумулятор напряжением 12 В, емкостью 50 А·ч, накапливает энергии 0,6 кВт/ч и весит приблизительно 20 кг. Таким образом, для получения энергии эквивалентной 1 л бензина, с учетом неизбежных потерь при ее преобразовании, потребуется комплект аккумуляторных батарей весом примерно 160 кг. Понятно, что для обеспечения достаточного пробега без подзарядки аккумуляторный электромобиль с таким типом аккумуляторов будет иметь очень большой вес, и его эксплуатация становится малоэффективной.

В 70-годы XX века были начаты работы по разработке более эффективных аккумуляторов. В настоящее время существуют конструкции аккумуляторных батарей, которые являются более эффективными, чем свинцово-кислотные (никель-кадмиевые, ионно-литиевые и др.). Несмотря на то что энергоемкость этих аккумуляторов значительно выше, чем у свинцово-кислотных, стоимость всех этих аккумуляторов без исключения намного больше, хотя часть их стоимости компенсируется более долгим сроком службы (рис. 8.4).

Одной из возможных альтернатив аккумуляторной батарее является конденсатор, который эффективнее накапливает энергию и имеет лучшие показатели в отдаче энергии (аккумуляторы перегреваются, если энергию забирать от них слишком быстро). Батареи из больших конденсаторов способны накапливать значительные количества электроэнергии. Вместе с тем конденсаторы не подходят для долговременного аккумулирования энергии, они эффективны только при кратковременном ее сохранении, например для накапливания энергии при торможении, перед тем как отдать ее при разгоне (так называемая рекуперация энергии). В 1997 г. фирма Honda продемонстрировала автомобиль с батареей конденсаторов, которая могла накапливать энергии достаточно, чтобы снабжать ею электродвигатель в 10 кВт в течение 12 с, т. е. достаточного времени для осуществления разгона на автостраде или для совершения обгона. Некоторые японские исследовательские группы предполага-



Рис. 8.4 **Аккумуляторный электромобиль производства GM**

ют использовать комбинацию эффективного аккумулятора (никель-кадмиевого или ионно-литиевого) и высокомощного конденсатора для получения легкого, эластичного и мощного буферного накопителя энергии для гибридного автомобиля.

Своеобразным аккумулятором, запасающим механическую энергию, может служить баллон, в котором под высоким давлением находится воздух. Сжатый воздух, подаваемый при определенном давлении в цилиндры поршневого двигателя, может перемещать поршни, и их перемещение можно использовать для движения автомобиля. Транспортные средства с воздушным двигателем или пневмоавтомобили не являлись редкостью во второй половине XIX в. и довольно широко использовались как грузовые автомобили и заводские автокары. Однако ограниченный запас хода таких автомобилей и опасность взрыва баллонов не позволили им успешно конкурировать с другими типами транспортных средств, что привело к практически полному их исчезновению. В наши дни к идее такого автомобиля снова вернулись. Французская компания Zero Pollution Motors в 2000 г. создала автомобиль e.Volution, который приводится в действие двухцилиндровым двигателем, работающим на сжатом воздухе. Воздух находится в баллоне из углеродистого пластика под давлением 30 000 кПа и подается в двигатель с помощью форсунки с электронным управлением. Этот автомобиль может двигаться с максимальной скоростью 96.5 км/ч. Запаса сжатого воздуха в баллонах с общим объемом в 300 л хватает на пробег 200 км. Заправка баллонов может производиться на компрессорной станции в течение 3 мин или от домашнего компрессора с электроприводом в течение 4 ч.

Таким автомобилям присущи недостатки, свойственные аккумуляторным автомобилям: низкая эффективность, малый запас хода и перенос загрязнений окружающей среды в местность, где находится электростанция. Вместе с тем, такие автомобили могут найти применение в городах с неблагоприятной экологической обстановкой, поскольку выбросы вредных веществ от такого автомобиля практически равны нулю. Не случайно правительство Мексики заказало 40 000 автомобилей e.Volution для замены бензиновых и дизельных автомобилей-такси г. Мехико, где воздух сильно загрязнен.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Любой тип электрического транспортного средства нуждается в тяговом приводном электродвигателе, наличие его и является признаком электрического автомобиля. Когда гибридные автомобили и автомобили на топливных элементах заменят автомобили с двигателями внутреннего сгорания, понадобится все больше и больше таких двигателей. Оптимизация их конструкции становится очень важной проблемой.

Одна из проблем, хотя и не самая важная, связанная с использованием первых электромобилей, заключалась в том, что на них устанавливались маломощные электродвигатели с еще более неэффективной системой управления, которые были шумными и имели плохую отдачу. Электрический силовой узел, приемлемый для электрокара, может быть не совместимым с легковым автомобилем. В начале 1990-х казалось, что выбор между электродвигателями переменного и постоянного тока окончательно сбалансировался. Электродвигатели переменного тока в основном имеют большую мощность, но требуют преобразования постоянного тока от аккумулятора в переменный, питающий током электродвигатель. Прототипы электрических авто-

мобилей, которые появились к 2000 г. (в основном в Японии), применили синхронные двигатели переменного тока, хотя фирма Honda использовала бесщеточный мотор-генератор, установив его между двигателем и трансмиссией на своем гибридном автомобиле Insight, дошедшем до серийного производства. Большинство современных тяговых двигателей переменного тока работают при напряжении в пределах 70–120 В, что является результатом компромисса между размерами электродвигателя, его мощностью и электрической безопасностью. Основная часть современных электромобилей использует одноступенчатую трансмиссию за счет способности тягового электродвигателя развивать максимум крутящего момента при очень небольшой скорости. С помощью современной технологии и принудительного охлаждения электродвигатели могут обеспечивать очень высокое соотношение крутящего момента к весу. Двигатель компании Zytec (Великобритания) создает крутящий момент 60 Н·м при весе всего 13 кг и является достаточно компактным, чтобы быть смонтированным практически в ступице колеса.

Главное место в современной системе управления электродвигателями занимает электроника, а все современные электродвигатели не имеют щеток. На большинстве электромобилей сегодня используется электронное управление двигателями, основанное на высокочастотном принципе. Возможно более совершенной альтернативой станет векторное управление, которое было продемонстрировано японской фирмой Mitsubishi на своем концептуальном автомобиле и которое обеспечивает еще большую эффективность.

Электрические автомобили могут экономить энергию путем рекуперации (от лат. recuperator — снова получающий, возвращающий). Это достигается переводом тяговых электродвигателей в режим генератора, чтобы запасти часть кинетической энергии, которая теряется (переходит в тепло и рассеивается) во время торможения. Для обеспечения эффективной рекуперации требуется электронное управление, что в итоге позволяет существенно увеличить пробег электрических и гибридных автомобилей.

Таким образом, сегодня можно сказать, что аккумуляторные электромобили имеют право на жизнь, но в основном — в виде технологических транспортных средств с небольшими пробегами. Более перспективными автомобилями являются электромобили на топливных элементах и гибридные автомобили, которые являются промежуточным звеном, которое необходимо при переходе от традиционных автомобилей с ДВС к топливно-элементным конструкциям.

ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ

Очевидным способом преодолеть ограниченный запас хода аккумуляторных электромобилей является использование небольшого ДВС и электрического генератора для подзарядки аккумуляторных батарей во время движения. Рабочий объем ДВС может быть выбран из необходимости получения средней мощности, требующейся автомобилю, а не максимальной, нужной для ускорения. При этом ДВС большую часть времени может работать в режиме наилучшей экономичности и токсичности отработавших газов (или даже на время выключаться). Для обеспечения необходимой эффективности разгона может одновременно использоваться энергия от аккумуляторных батарей и ДВС.

В действительности гибридные автомобили могут быть разделены на два класса: последовательный гибрид, в котором вся энергия переводится в электричество, и параллельный гибрид (рис. 8.5), в котором ДВС соединяется с ведущими колесами механически через трансмиссию, а поток электроэнергии передается параллельно. Последовательный тип дает конструктору автомобиля наибольший выбор компоновки, потому что все соединения (за исключением привода от тягового двигателя к ведущим колесам) — электрические, каждый узел может быть размещен в любом месте автомобиля и с наибольшим удобством. С другой стороны, при параллельном типе может использоваться более легкий и малогабаритный электродвигатель. В последовательном гибриде электродвигатель должен развивать полную движущую силу, в то время как

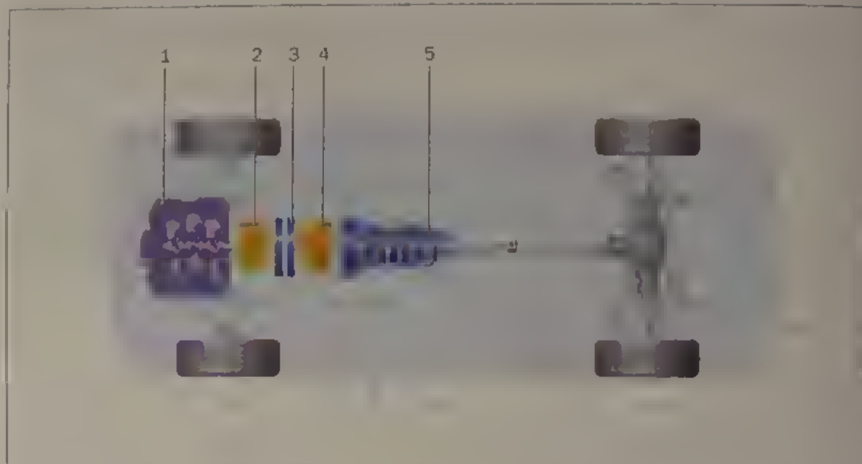


Рис. 8.5. **Автомобиль компании DaimlerChrysler выполнен по схеме параллельного «гибрида»**: 1 — ДВС (шестицилиндровый); 2 — электродвигатель № 1; 3 — сцепление; 4 — электродвигатель № 2; 5 — автоматическая коробка передач

в параллельном гибриде он нужен для обеспечения только 30 % этой силы. Гибридный автомобиль включает в себя двигатель внутреннего сгорания и электропривод для оптимального использования энергии. Механическая энергия торможения преобразуется в электрическую и накапливается в аккумуляторной батарее. ДВС работает при наиболее эффективных скоростях и нагрузках. Фирма Nissan продемонстрировала этот гибридный привод в 1999 г. (рис. 8.6). В течение долгого времени отношение к гибридному автомобилю определялось стоимостью применения вместо одной — двух силовых установок: ДВС и электродвигателя, а это означало, что такой автомобиль всегда будет дороже, чем его конкуренты. Совсем недавно проведенный детальный анализ показал, что гибридный автомобиль может быть конкурентоспособным, когда более высокая стоимость компенсируется лучшей экономичностью и низкими вредными выбросами, которые являются результатом действия системы управления энергией, заключающейся в ее гибкости и способности запасать, регенерировать и сохранять энергию, которая теряется в обычных ДВС (рис. 8.7). Эти новые подходы привели к созданию фирмами Toyota и Honda гибридных автомобилей моделей Toyota Prius и Insight. Шасси гибридного автомобиля Toyota HV-M4 включает в себя адаптированный бензиновый силовой агрегат объемом 2,4 л, который расположен поперечно спереди. Наиболее очевидными новшествами являются: смонтированный сзади электродвигатель (с приводом на задние колеса) и батарея аккумуляторов, установленная выше. По утверждению фирмы Toyota, в 2003 г. автомобили Toyota Prius начали приносить прибыль фирме от их продажи.

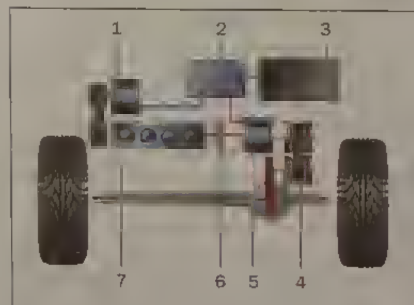


Рис. 8.6. **Гибридный автомобиль**: 1 — синхронный электродвигатель с постоянными магнитами; 2 — преобразователь; 3 — ионно-литиевый аккумулятор; 4 — вариатор CVT; 5 — электродвигатель; 6 — сцепление; 7 — двигатель OG 18DE



Рис. 8.7. **Шасси гибридного автомобиля Toyota HV-M4**



Рис. 8.8. **Гибридный автомобиль Ford**

Гибридный автомобиль Honda Insight представляет собой легковой автомобиль с двухместным кузовом купе и с гибридной силовой установкой. Силовой узел интегрирован так же, как и на автомобиле Toyota Prius, с использованием концепции Honda (IMA). Используется трехцилиндровый, 12-клапанный, однолитровый двигатель с электродвигателем-генератором, который расположен между двигателем и пятиступенчатой механической коробкой передач. Двигатель автомобиля Insight имеет мощность 68 л. с. и максимальный крутящий момент 91 Н·м при 4 800 мин$^{-1}$. При полном использовании электродвигателя мощность в среднем поднимается до 76 л. с., а максимальный крутящий момент увеличивается до 113 Н·м всего при 1 500 мин$^{-1}$, что показывает преимущество электродвигателя, который развивает максимальные крутящие моменты при низких оборотах. Эти цифры указывают также на то, что автомобиль Insight является гибридом в меньшей степени, чем Toyota Prius — ДВС и электродвигатель сбалансированы в большей степени. Гибридный автомобиль Insight отличается от тех гибридных автомобилей, которые демонстрировались в конце 90-х гг. компаниями Citroën и FIAT, и каждый из которых был в большей степени электромобилем с небольшим ДВС и генераторами, которые заменили аккумуляторы. При разряженных аккумуляторах и двигателе, работающем в маломощном режиме, эти автомобили могли двигаться со скоростью не более 50 км/ч. В таких случаях ДВС использовался только как автономный источник электричества, увеличивая возможное расстояние от зарядной станции. В настоящее время многие автомобильные компании (Volvo, Ford, FIAT, GMC и др.) имеют свои опытные варианты гибридных автомобилей (рис. 8.8).

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Топливный элемент — это электрохимическое устройство преобразования энергии, которое за счет химической реакции преобразовывает водород и кислород в электричество. В результате этого процесса образуется вода и выделяется большое количество тепла. Топливный элемент очень похож на аккумулятор, который можно зарядить и затем использовать накопленную электрическую энергию.

Изобретателем топливного элемента считают Вильяма Р. Грувв, который изобрел его еще в 1839 г. В этом топливном элементе в качестве электролита использовался раствор серной кислоты, а в качестве топлива — водород, который соединялся с кислородом в среде окислителя. Следует отметить, что до недавнего времени топливные элементы использовались только в лабораториях и на космических аппаратах.

В перспективе топливные элементы смогут составить конкуренцию многим другим системам для преобразования энергии (включая газовую турбину на электростанциях) ДВС в автомобиле и электрическим батарейкам в портативных устройствах. Двигатели внутреннего сгорания сжигают топливо и используют давление, созданное расширением вы-

деляющихся при сгорании газов, для выполнения механической работы. Аккумуляторные батареи хранят электрическую энергию, преобразовывая ее затем в химическую энергию, которая при необходимости может быть преобразована обратно в электрическую энергию. Потенциально топливные элементы очень эффективны. Еще в 1824 г. французский ученый Карно доказал, что циклы сжатия-расширения двигателя внутреннего сгорания не могут обеспечить КПД преобразования тепловой энергии (являющейся химической энергией сгорающего топлива) в механическую выше 50 %. Топливный элемент не имеет движущихся частей (по крайней мере, внутри самого элемента), и поэтому они не подчиняются закону Карно. Естественно, они будут иметь больший, чем 50 %, КПД и особенно эффективны при малых нагрузках. Таким образом, автомобили с топливными элементами готовы стать (и уже доказали это) более экономичными, чем обычные автомобили в реальных условиях движения.

Топливный элемент обеспечивает выработку электрического тока постоянного напряжения, который может использоваться для привода в действие электродвигателя, приборов системы освещения и других электросистем в автомобиле. Имеются несколько типов топливных элементов, различающихся используемыми химическими процессами. Топливные элементы обычно классифицируются по типу используемого в них электролита, который они используют. Некоторые типы топливных элементов являются перспективными для применения их в качестве силовых установок электростанций, а другие могут быть полезны для маленьких портативных устройств или для привода автомобилей.

Щелочной топливный элемент — это один из самых первых разработанных элементов. Они использовались в космической программе США, начиная с 1960-х гг. Такие топливные элементы очень восприимчивы к загрязнению и поэтому они требуют очень чистого водорода и кислорода. Кроме того, они очень дороги, и поэтому этот тип топливного элемента, скорее всего, не найдет широкого применения на автомобилях.

Топливные элементы на основе фосфорной кислоты могут найти применение в стационарных установках невысокой мощности. Они работают при довольно высокой температуре и поэтому требуют длительного времени для своего прогрева, что также делает их неэффективными для использования в автомобилях.

Твердоокисные топливные элементы лучше подходят для крупных стационарных генераторов электроэнергии, которые могли бы обеспечивать электричеством заводы или населенные пункты. Этот тип топливного элемента работает при очень высоких температурах (около 1000 °C). Высокая рабочая температура создает определенные проблемы, но, с другой стороны, имеется преимущество — пар, произведенный топливным элементом, может быть направлен в турбины, чтобы выработать большее количество электричества. В целом это улучшает суммарную эффективность системы.

Одна из наиболее многообещающих систем — протонно-обменный мембранный топливный элемент — ПОМТЭ (PEMFC — Protone Exchange Membrane Fuel Cell). В настоящий момент этот тип топливного элемента является наиболее перспективным, поскольку он может приводить в движение автомобили, автобусы и другие транспортные средства.

В топливных элементах применяется электрохимический процесс соединения водорода с кислородом, получаемым из воздуха. Как и в аккумуляторных батареях, в топливных элементах используются электроды (твердые электрические проводники) находящиеся в электролите (электрически проводимая среда). Когда в контакт с отрицательным электродом (анодом) входят молекулы водорода, последние разделяются на протоны и электроны. Протоны проходят через протонно-обменную мембрану (ПОМ) на положительный электрод (катод) топливного элемента, производя электричество. Происходит химическое соединение молекул водорода и кислорода с образованием воды, как побочного продукта этой реакции. Единственный вид выбросов от топливного элемента — водяной пар (рис. 8.9).

Электричество, произведенное топливными элементами, может использоваться в электрической трансмиссии автомобиля (состоит из преобразователя электроэнергии и асинхронного двигателя переменного тока) для получения механической энергии для привода в движение автомобиля. Работа преобразователя электроэнергии заключается в преобразовании постоянного электрического тока, произведенного топливными элементами, в переменный ток, на котором работает тяговый электродвигатель транспортного средства.

Протонно-обменная мембрана топливного элемента (PEMFC) использует одну из самых простых реакций любого топливного элемента (рис. 8.10).

Сначала рассмотрим, как устроен топливный элемент.

Анод, отрицательный полюс топливной ячейки (рис. 8.11), проводит электроны, которые освобождены от водородных молекул, чтобы они могли использоваться во внешнем электрическом контуре (цепи). Для этого в нем гравируются каналы, распределяющие водород равномерно по всей поверхности катализатора. Катод (положительный полюс топливной ячейки) имеет гравированные каналы, которые распределяют кислород по поверхности катализатора. Он также проводит электроны назад от внешнего контура (цепи) до катализатора, где они могут соединиться с водородными ионами и кислородом с образованием воды. Электролит — протонно-обменная мембрана. Это особый материал, похожий на обычный пластик, но обладающий способностью пропускать положительно заряженные ионы и блокировать проход электронов.

Катализатор — специальный материал, который облегчает реакцию между кислородом и водородом. Катализатор обычно изготавливается из платинового порошка, нанесенного очень тонким слоем на углеродистую бумагу или ткань. Катализатор должен быть шероховатым и пористым, для того чтобы его поверхность могла максимально соприкасаться с водородом и кислородом. Покрытая платиной сторона катализатора находится перед протонно-обменной мембраной (ПОМ).

Со стороны анода



$$2H_2 \Rightarrow 4H^+ + 4e^-$$

Со стороны катода



$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \Rightarrow 2H_2O$$

Рис. 8.9. **Химические процессы в топливном элементе**

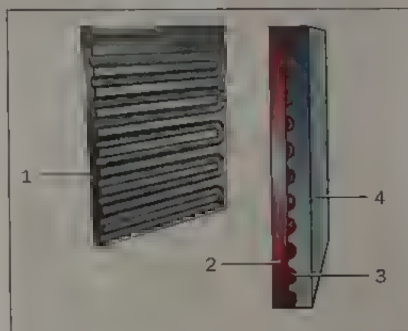


Рис. 8.10. **Схема устройства топливного элемента с протонно-обменной мембраной**: 1 — анод; 2 — протонно-обменная мембрана (PEM); 3 — катализатор (красный); 4 — катод



Рис. 8.11. **Отдельная ячейка топливного элемента**

Газообразный водород (H_2) подается в топливный элемент под давлением со стороны анода. Когда молекула H_2 входит в контакт с платиной на катализаторе, она разделяется на две части, два иона (H^+) и два электрона (e^-). Электроны проводятся через анод, где они проходят через внешний контур (цепь), выполняя полезную работу (например, приводя в действие электродвигатель) и возвращаются со стороны катода топливного элемента.

Тем временем со стороны катода топливного элемента газообразный кислород (O_2) продавливается через катализатор, где он формирует два атома кислорода. Каждый из этих атомов имеет сильный отрицательный заряд, который обеспечивает притяжение двух ионов H^+ через мембрану, где они объединяются с атомом кислорода и двумя электронами из внешнего контура (цепи) с образованием молекулы воды (H_2O).

Эта реакция в отдельном топливном элементе производит мощность приблизительно 0,7 Вт. Чтобы поднять мощность до требуемого уровня, необходимо объединить много отдельных топливных элементов, чтобы сформировать батарею топливных элементов.

Топливные элементы на основе ПОМ работают при относительно низкой температуре (около 80 °С), а это означает, что они могут быть быстро нагреты до рабочей температуры и не требуют дорогих систем охлаждения. Постоянное совершенствование технологий и материалов, используемых в этих элементах, позволили приблизить их мощность к уровню, когда батарея таких топливных элементов, занимающая небольшую часть багажника автомобиля, может обеспечить энергию, необходимую для привода автомобиля.



Рис. 8.12. **Автомобиль на топливных элементах производства DaimlerChrysler изготовлен на базе Mercedes А-класса, использует силовую установку, расположенную под полом автомобиля**



Рис. 8.13. **Автомобиль Honda FCX использует для движения электрическую энергию, получаемую с помощью топливных элементов**

На протяжении последних лет большинство из ведущих мировых производителей автомобилей (DaimlerChrysler, GM, Ford, Honda, Toyota и др.) инвестируют большие средства в разработку конструкций автомобилей, использующих топливные элементы. К 1999 г. многие из производителей автомобилей продемонстрировали автомобили на топливных элементах с удовлетворительными мощностными и динамическими характеристиками, хотя они имели довольно высокую стоимость. Совершенствование конструкций таких автомобилей происходит очень интенсивно.

Компания DaimlerChrysler в 1994 г. впервые представила микроавтобус NECAR I на топливных элементах, в котором оставалось место только для водителя, а все остальное пространство занимал экспериментальный силовой узел. Другой автомобиль NECAR V изготовлен на базе автомобиля Mercedes-Benz А-класса, причем вся силовая установка вместе с топливными элементами расположена под полом автомобиля (рис. 8.12).

Такое конструктивное решение дает возможность разместить в салоне автомобиля четырех пассажиров и багаж. Здесь в качестве топлива для автомобиля используется не водород, а метанол. Метанол с помощью реформера (устройства, перерабатывающего метанол в водород), преобразуется в водород, необходимый для питания топливного элемента. Использование





Рис. 8.14. **Концептуальный автомобиль Hy Wire компаиии General Motors имеет силовую установку на топливиых элементах**

реформера на борту автомобиля дает возможность использовать в качестве топлива практически любые углеводороды, что позволяет заправлять автомобиль на топливных элементах, используя имеющуюся сеть заправок. Теоретически топливные элементы не производят ничего, кроме электричества и воды. Преобразование топлива (бензина или метанола) в водород, необходимый для топливного элемента, несколько снижает экологическую привлекательность такого автомобиля. Альтернатива заключается в использовании в автомобиле сжатого или сжиженного водорода, но в этом случае заправка автомобиля не настолько удобна, и, хотя в некоторых странах (США, Япония, Германия) уже существуют водородные заправки, их явно недостаточно для широкого распространения водородных автомобилей. Рано или поздно наступит момент, когда бензин станет очень дорогим, а основные запасы нефти исчерпаются. Кроме того, использование бензина мало поможет в решении проблемы с выбросами CO_2. Использование водорода может сделать систему на топливных элементах гораздо проще, но потребует решения огромных проблем в связи с хранением топлива, его передачи и распределения, а также выполнения строгих мер по безопасности.





Рис. 8.15. **Шасси автомобиля Hy Wire**

Компания Honda, которая занимается топливными элементами с 1989 г., изготовила в 2003 г. небольшую партию автомобилей Honda FCX-V4 с протонно-обменными топливными элементами мембранного типа фирмы Ballard. Эти топливные элементы вырабатывают 78 кВт электрической мощности, а для привода ведущих колес используются тяговые электродвигатели мощностью 60 кВт и с крутящим моментом 272 Н·м. Автомобиль на топливных элементах, по сравнению с автомобилем традиционной схемы, имеет массу примерно на 40 % меньшую, что обеспечивает ему отличную динамику, а запас сжатого водорода дает возможность пробега до 355 км.

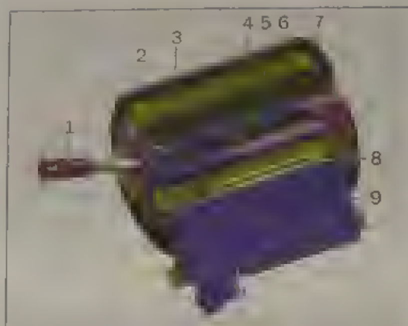


Рис. 8.16. **Компания BMW совместно с фирмой Magna Steyer разработала конструкцию «безопасного» топливного бака для сжиженного водорода:** 1 — заправочное устройство; 2 — наружный бак; 3 — опоры; 4 — датчик уровня; 5 — внутренний бак; 6 — заправочная линия; 7 — изоляция и вакуум; 8 — нагреватель; 9 — крепежная коробка



Рис. 8.17. **Испытания на безопасность автомобиля BMW 750 hL по существующим методикам подтвердили безопасность использования топливного бака с жидким водородом**



Рис. 8.18. **BMW 750 hL — первый в мире серийный автомобиль с топливным элементом вместо аккумуляторной батареи**

Автомобиль Honda FCX — первый в мире автомобиль на топливных элементах, который прошел государственную сертификацию в США. Автомобиль сертифицирован по нормам ZEV — Zero Emission Vehicle (автомобиль с нулевым загрязнением). Компания Honda не собирается пока продавать эти автомобили, а передает порядка 30 автомобилей в лизинг в шт. Калифорния и г. Токио, где уже существует инфраструктура водородных заправок.

Большие исследования по разработке и созданию автомобилей на топливных элементах проводит компания General Motors (рис. 8.14). При создании концептуального автомобиля GM Hy Wire было получено 26 патентов.

Основу автомобиля составляет функциональная платформа (рис. 8.15) толщиной 150 мм. Внутри платформы располагаются баллоны для водорода, силовая установка на топливных элементах и системы управления автомобиля, использующие новейшие технологии электронного управления по проводам. Шасси автомобиля Hy Wire представляет собой платформу небольшой толщины, в которой заключены все основные элементы конструкции автомобиля: баллоны для водорода, топливные элементы, аккумуляторы, электродвигатели и системы управления. Такой подход к конструкции дает возможность в процессе эксплуатации менять кузовы автомобиля

Компания также проводит испытания опытных автомобилей Opel на топливных элементах и проектирует завод по производству топливных элементов.

Проблеме использования водорода в качестве топлива для автомобилей уделяет много внимания компания BMW. Совместно с фирмой Magna Steyer, известной своими работами по использованию сжиженного водорода в космических исследованиях, BMW разработала топливный бак для сжиженного водорода, который может использоваться на автомобилях (рис. 8.16).

Компания провела серию испытаний на безопасность конструкции по стандартным методикам и подтвердила ее надежность (рис. 8.17). В сентябре 2002 г. на автосалоне во Франкфурте-на-Майне (Германия) был показан автомо-




Рис. 8.19. **Топливный элемент автомобиля BMW 750 hL не превосходит размерами обычный свинцово-кислотный аккумулятор**

биль Mini Cooper Hydrogen, который использует в качестве топлива сжиженный водород. Топливный бак этого автомобиля занимает такое же место, как и обычный бензобак. Водород в этом автомобиле используется не для топливных элементов, а в качестве топлива для ДВС.

В 2003 г. фирма BMW объявила о выпуске первого серийного автомобиля с топливным элементом BMW 750 hL (рис. 8.18). Батарея топливных элементов используется вместо традиционного аккумулятора.



Рис. 8.20. **Заправка водородом автомобиля BMW производится роботом, водктель не участвует в этом процессе**

Этот автомобиль имеет 12-цилиндровый двигатель внутреннего сгорания, работающий на водороде, а топливный элемент служит альтернативой обычному аккумулятору, обеспечивая возможность работы кондиционера и других потребителей электроэнергии при длительных стоянках автомобиля с неработающим двигателем (рис. 8.19).

Эта же фирма BMW разработала также роботизированные заправочные колонки, которые обеспечивают быструю и безопасную заправку автомобилей сжиженным водородом (рис. 8.20).

Появление в последние годы большого количества разработок, направленных на создание автомобилей, использующих альтернативные виды топлива и альтернативные силовые установки, свидетельствует о том, что двигатели внутреннего сгорания, которые доминировали на автомобилях в течение прошедшего столетия, в конце концов уступят дорогу более чистым экологически, эффективным и бесшумным конструкциям. Их широкое распространение на данный момент сдерживается не техническими, а, скорее, экономическими и социальными проблемами. Для их широкого применения необходимо создать определенную инфраструктуру по развитию производства альтернативных видов топлива, созданию и распространению новых заправочных станций и по преодолению ряда психологических барьеров. Использование водорода в качестве автомобильного топлива потребует решения вопросов хранения, доставки и распределения, с принятием серьезных мер безопасности.

Теоретически водород доступен в неограниченном количестве, но его производство является весьма энергоемким. Кроме того, для перевода автомобилей на работу на водородном топливе необходимо произвести два больших изменения системы питания: сначала перевести ее работу с бензина на метанол, а затем, в течение некоторого времени и на водород. Пройдет еще некоторое время, перед тем как этот вопрос будет решен.

§ 53

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СТАРЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ведущие автомобильные страны несколько десятилетий тому назад столкнулись с проблемой утилизации старых автомобилей, изношенных запасных частей и отработанных эксплуатационных жидкостей. Проблема постоянно обостряется, поскольку количество списываемых автомобилей увеличивается. Это связано с политикой автомобилестроительных фирм, направленной (из конкурентных соображений) на снижение сроков постановки на производство новых автомобилей, что провоцирует потребителя чаще (каждые 3–5 лет) покупать новый автомобиль и, следовательно, продавать или сдавать на утилизацию старый.

Нагрузка на окружающую среду от массы списанных автомобилей заставила автомобильный мир разработать концепцию «жизненного цикла» автомобиля (The Total Life Cycle — TLC). Основная идея данной концепции — обеспечить максимально возможное повторное использование деталей, материалов старых автомобилей (Recycling), что рассматривается как возможное:

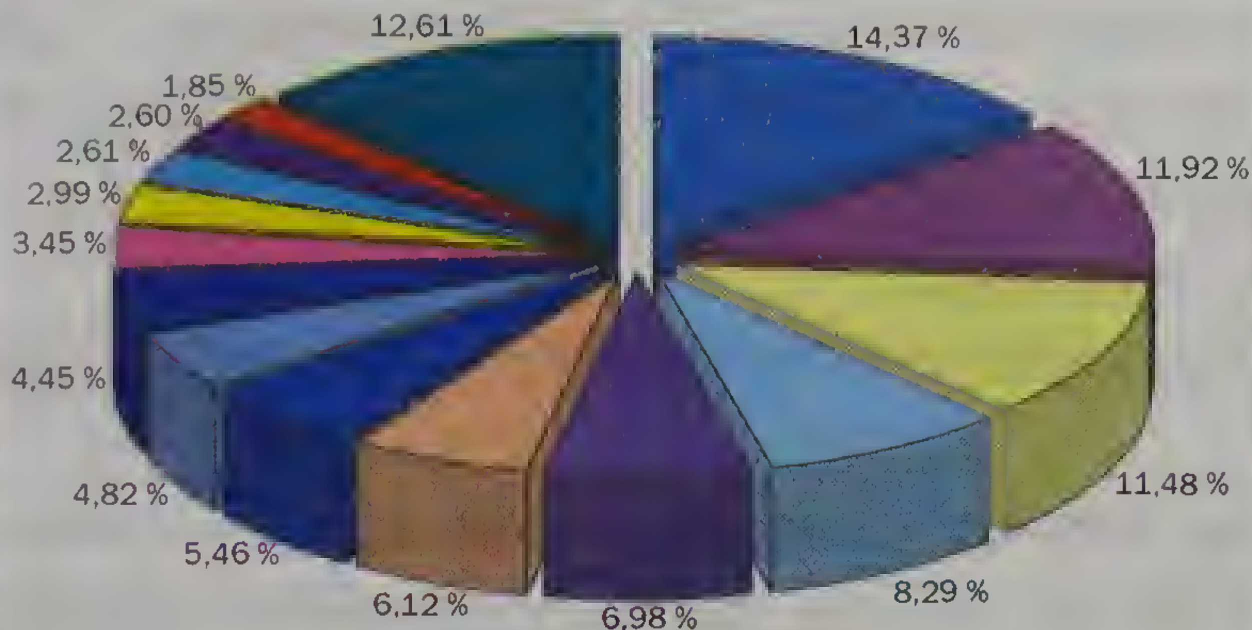
— повторное использование части деталей и узлов автомобиля;
— использование материалов старого автомобиля после измельчения и обработки для получения новых конструкционных материалов (например, переплавка металлов);
— получение тепловой энергии за счет сжигания некоторых элементов старого автомобиля.

В настоящее время около 75 % массы европейских автомобилей выпуска после 1987 г. пригодно для повторного использования. Но 25 % массы каждого старого автомобиля попадает на свалку, что неприемлемо как с экологической, так и с экономической точки зрения. Для уменьшения этой доли стра́ны Европейского сообщества (ЕС) приняли целый ряд нормативных документов (европейские нормы, директива ЕС), направленных на реализацию комплекса мероприятий, которые позволят повторно использовать до 95 % массы автомобиля. Одно из важнейших направлений данной программы — создание конструкций новых автомобилей, ориентированных на последующую утилизацию. Это может быть обеспечено тремя путями :

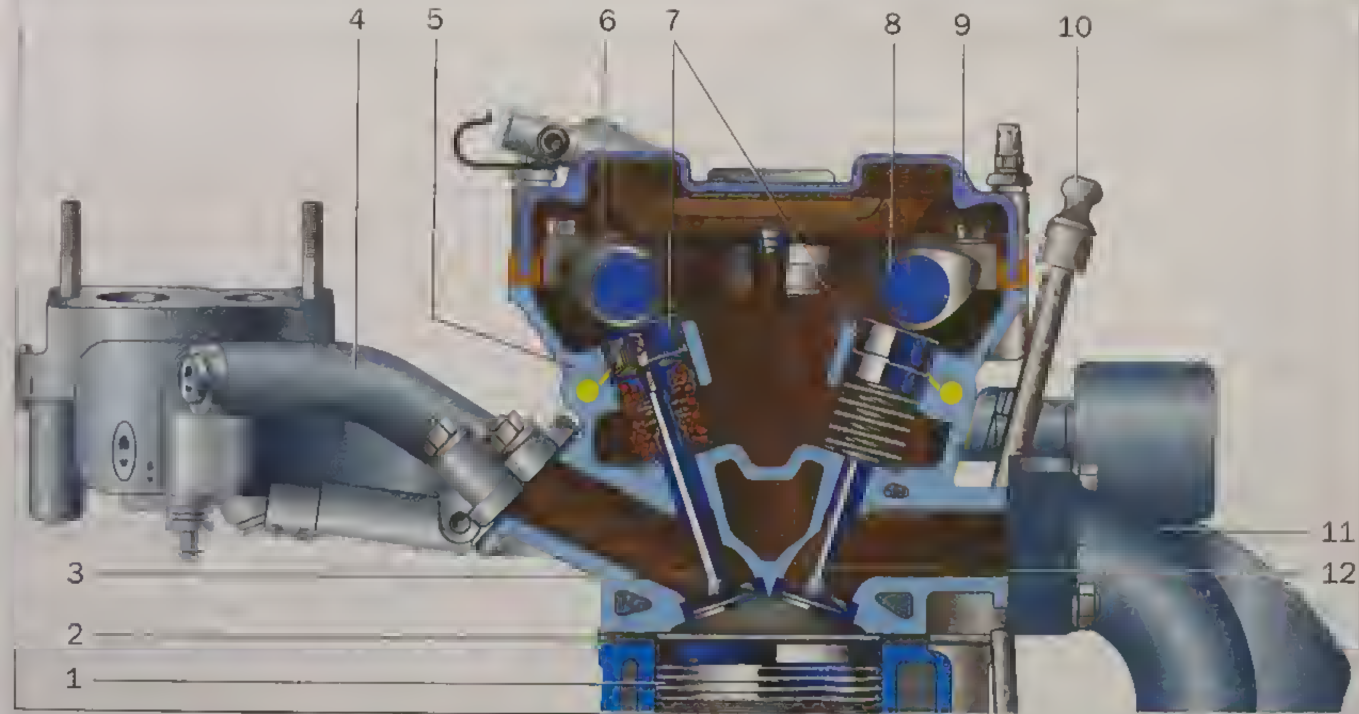
— разработка конструкций деталей, пригодных для повторного использования;
— использование материалов, пригодных для повторного использования;
— использование в конструкции новых автомобилей деталей, полученных при переработке старых.

В связи с этим автомобилестроительные компании используют в конструкции новых автомобилей легкоразъемные соединения (для снижения затрат на разборку), проектируют детали по принципу «одна деталь — один материал», стараются разумно ограничить количество материалов в одном автомобиле, исключают из конструкции особо вредные материалы (свинец, ртуть, кадмий и т. д.).

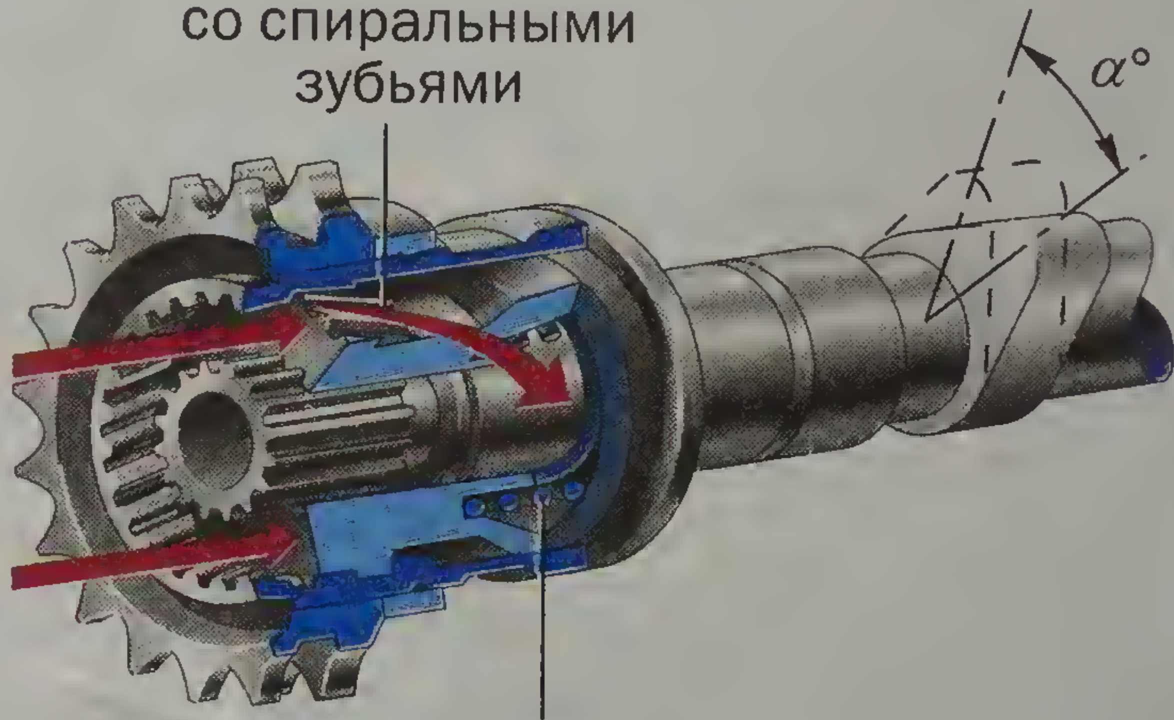
Для облегчения разборки автомобилей и сортировки деталей с 2000 г. в ЕС введена единая маркировка деталей новых автомобилей, а заводы-изготовители обязаны для каждой выпускаемой модели автомобиля разрабатывать инструкции по его разборке для последующей переработки.

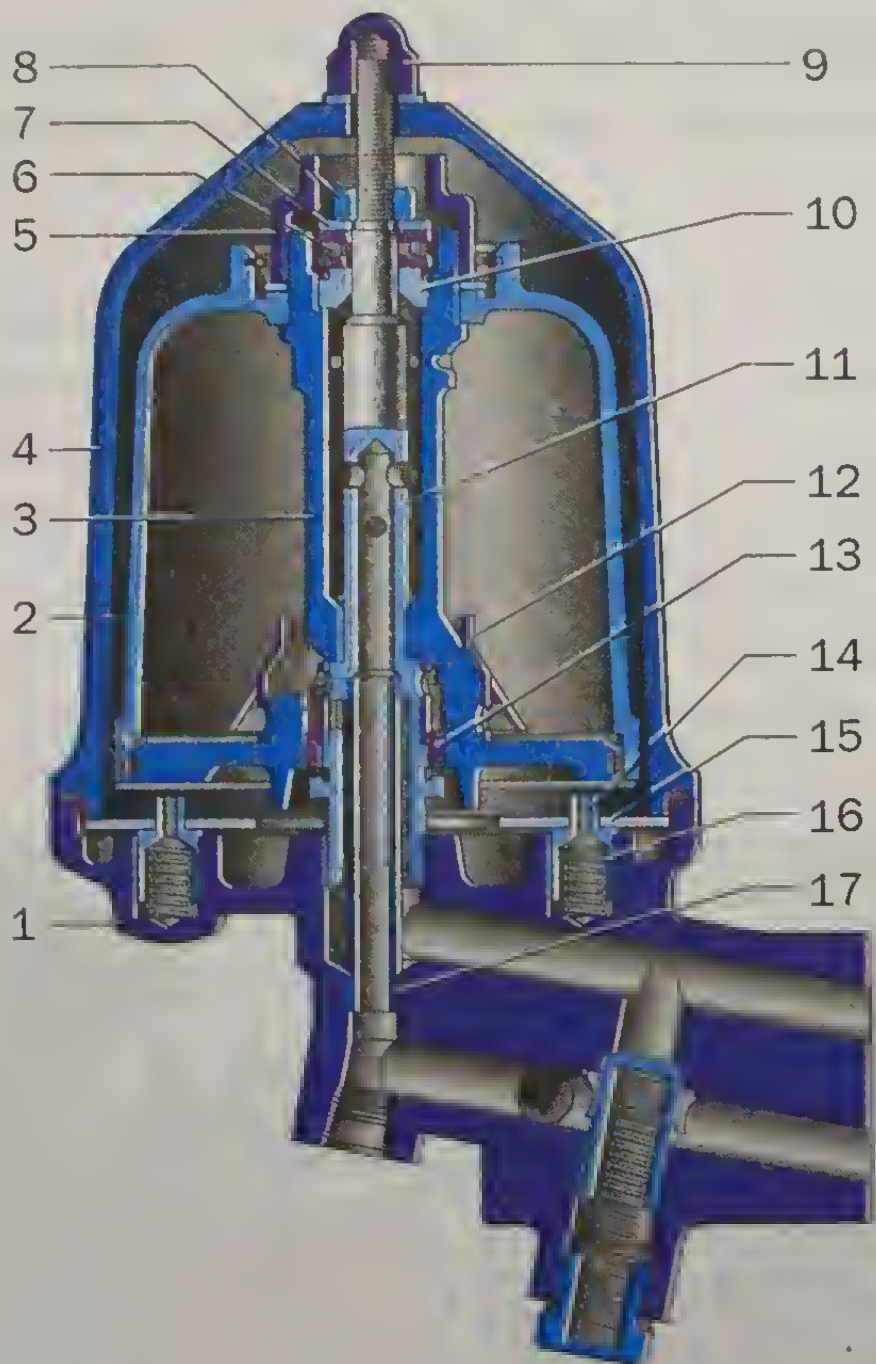


12,61 %
14,37 %
1,85 %
2,60 %
2,61 %
11,92 %
2,99 %
3,45 %
4,45 %
11,48 %
4,82 %
5,46 %
8,29 %
6,12 %
6,98 %
General Motors
Toyota
Ford
Volkswagen
DymlerChrysler
Renault
PSA
Honda
Hyundai/Kia
FIAT
Suzuki
Mitsubishi
Nissan
BMW
Прочие



4
5
6
7
8
9
10
11
12
3
2
1


Втулка
со спиральными
зубьями
α°
Продольное
усилие
Пружина


8
7
6
5
4
3
2
1
9
10
11
12
13
14
15
16
17

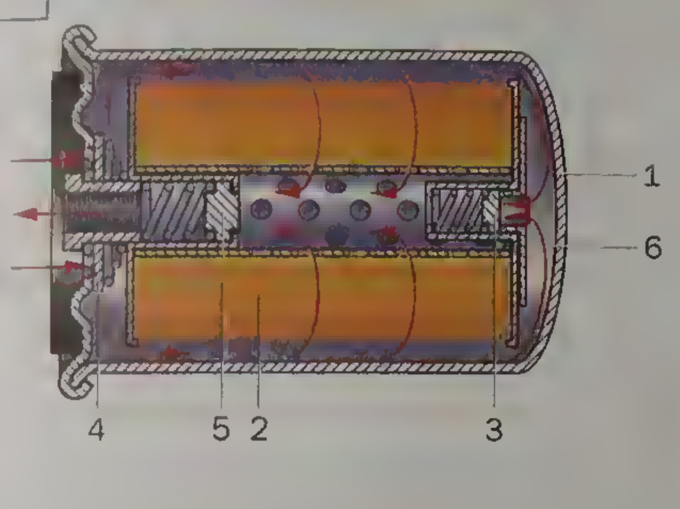
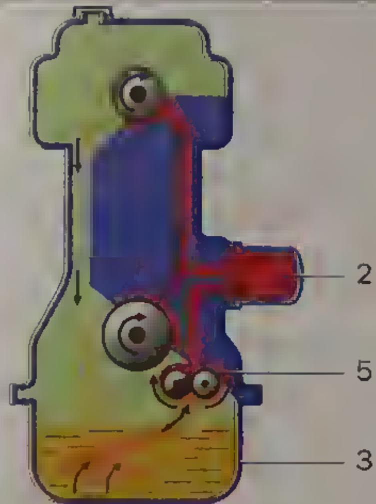
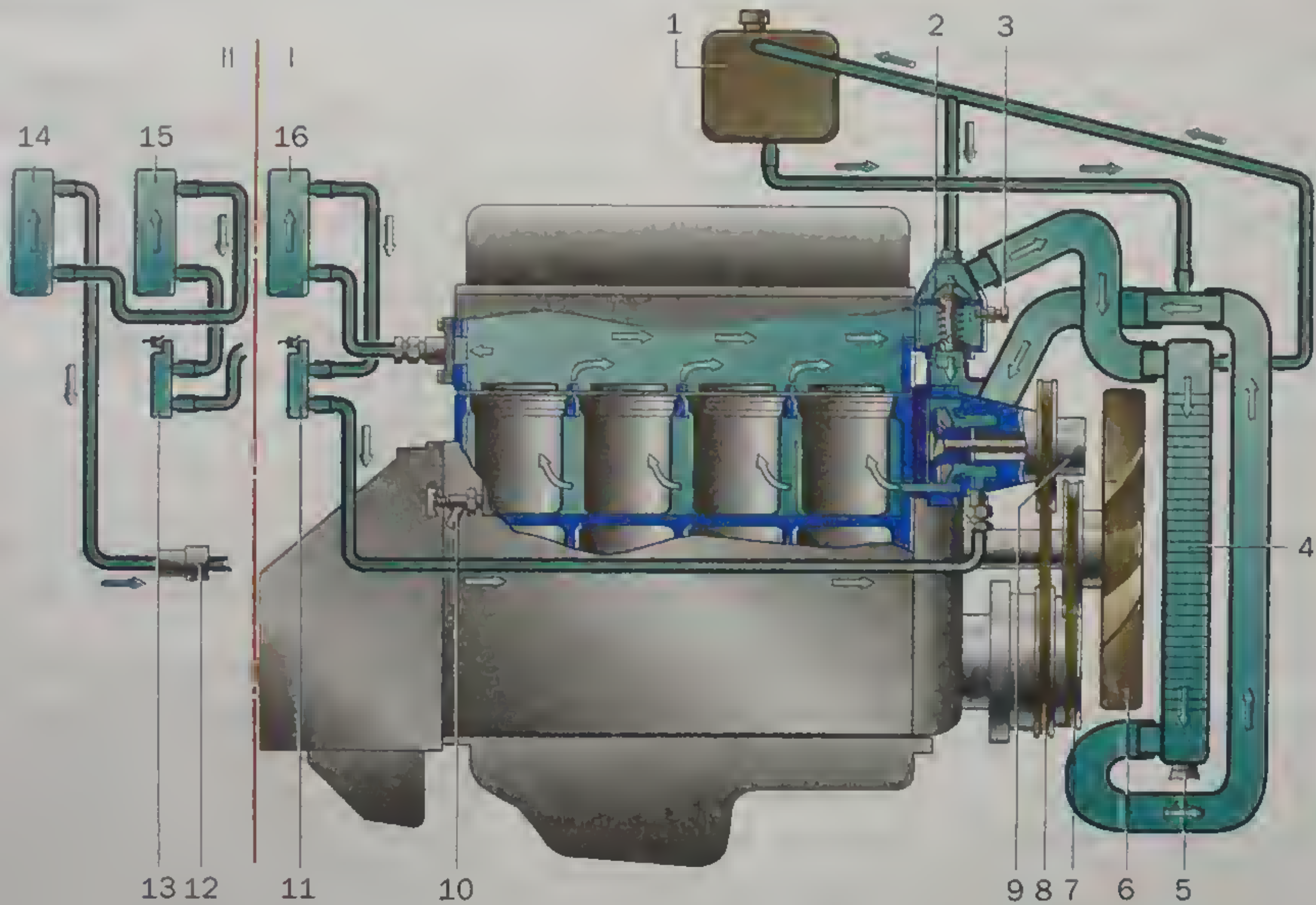


Рис. 2.45. **Устройство неразборного (а) и разборного (б) полнопоточного объемно-адсорбирующего масляного фильтра:** 1 — корпус; 2 — штора (фильтрующий элемент); 3 — перепускной клапан; 4 — противодренажный клапан; 5 — противосливной клапан; 6 — путь масла при открытии перепускного клапана; 7 — канал слива масла



б
2
1
3
4
5
6

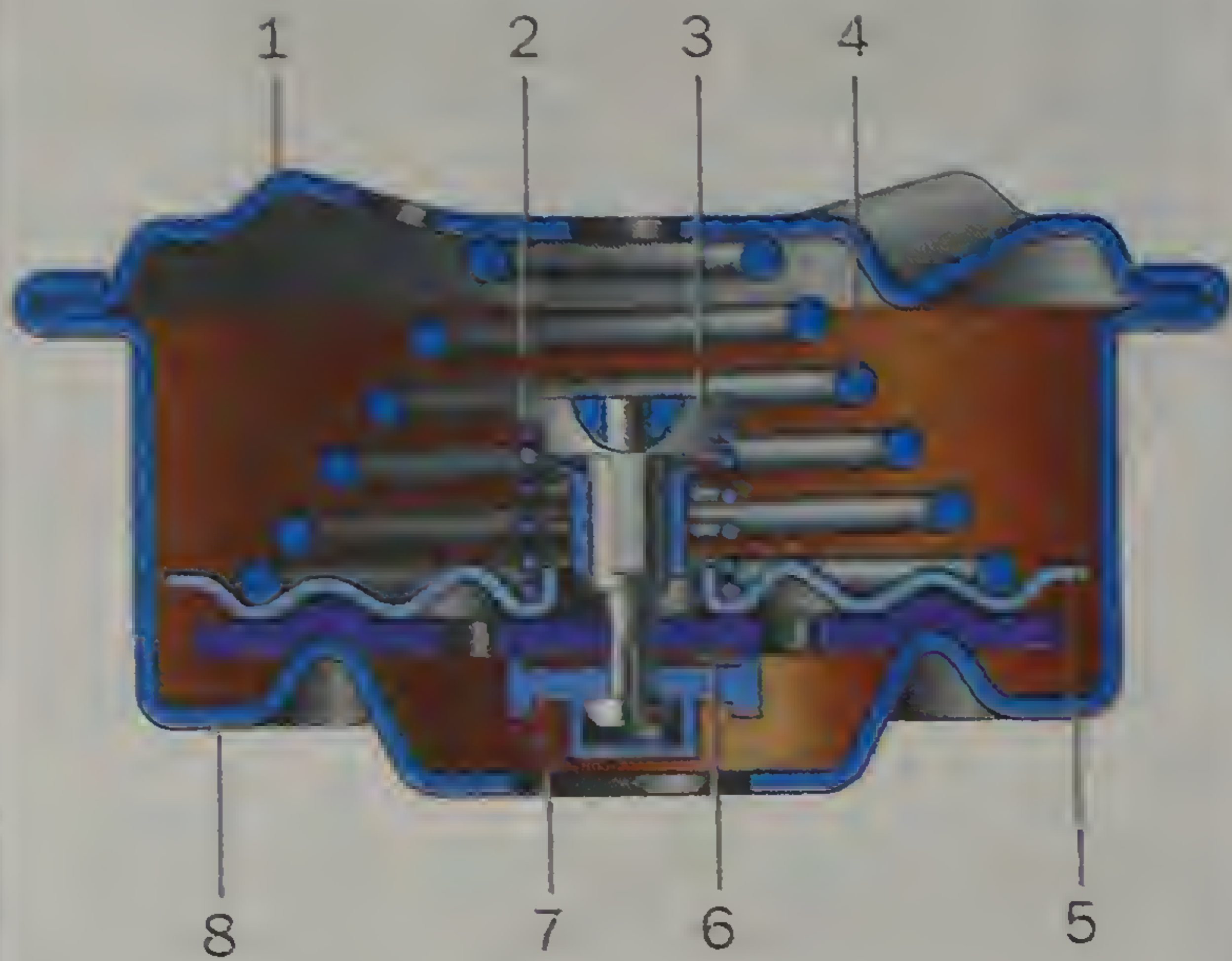

1
2
3
II
I
14
15
16
4
13
12
11
10
9
8
7
6
5

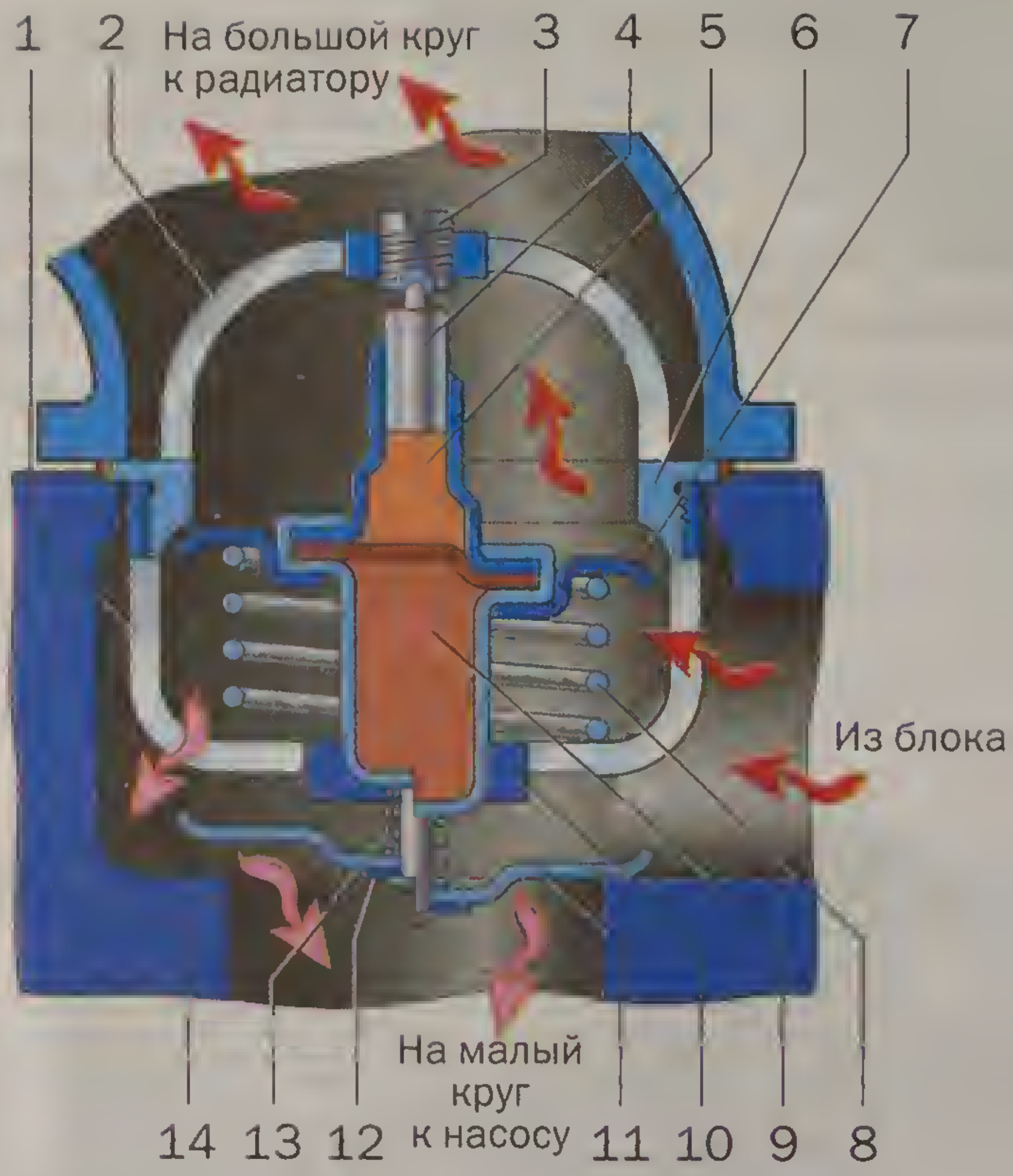
17

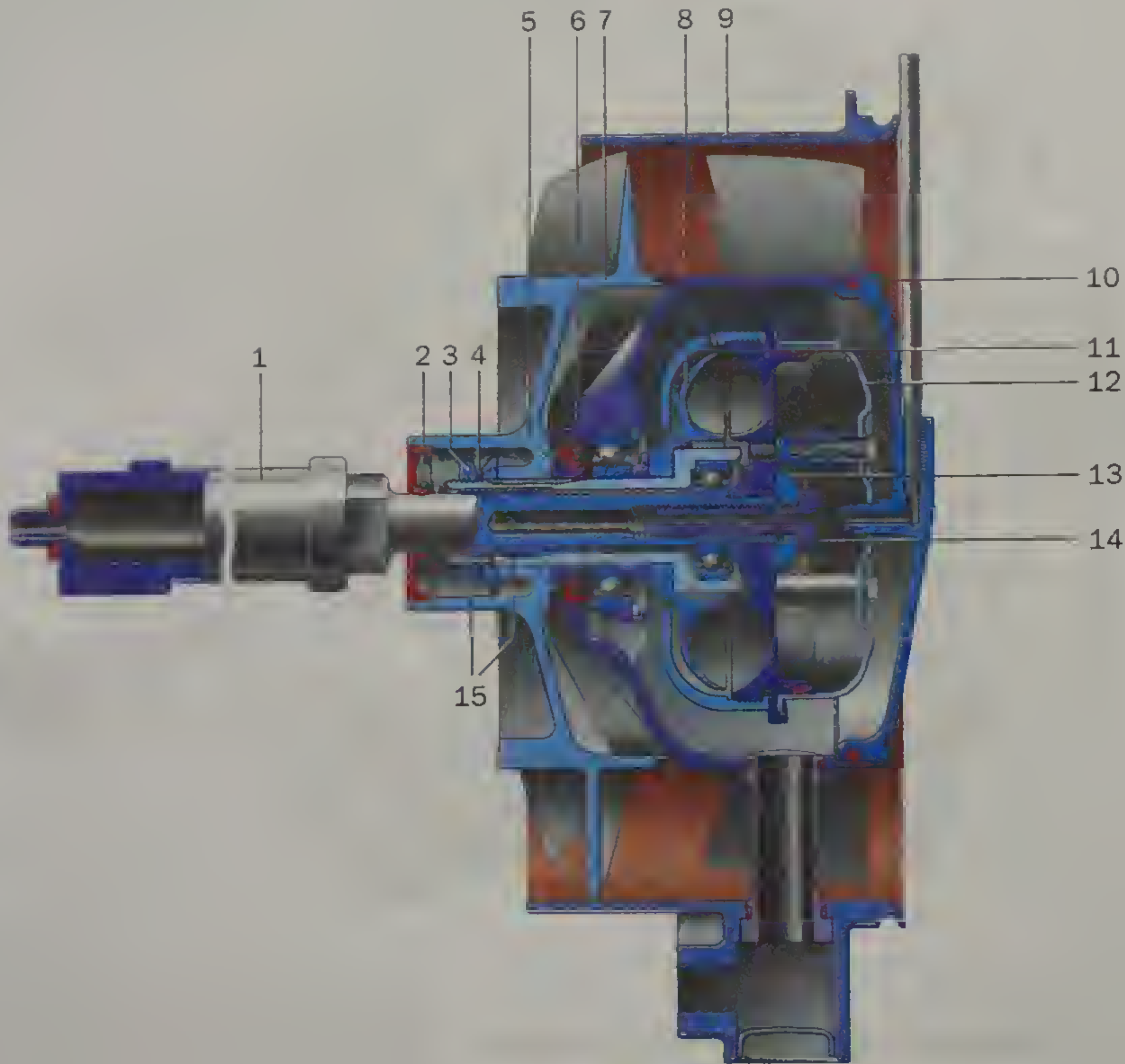
18

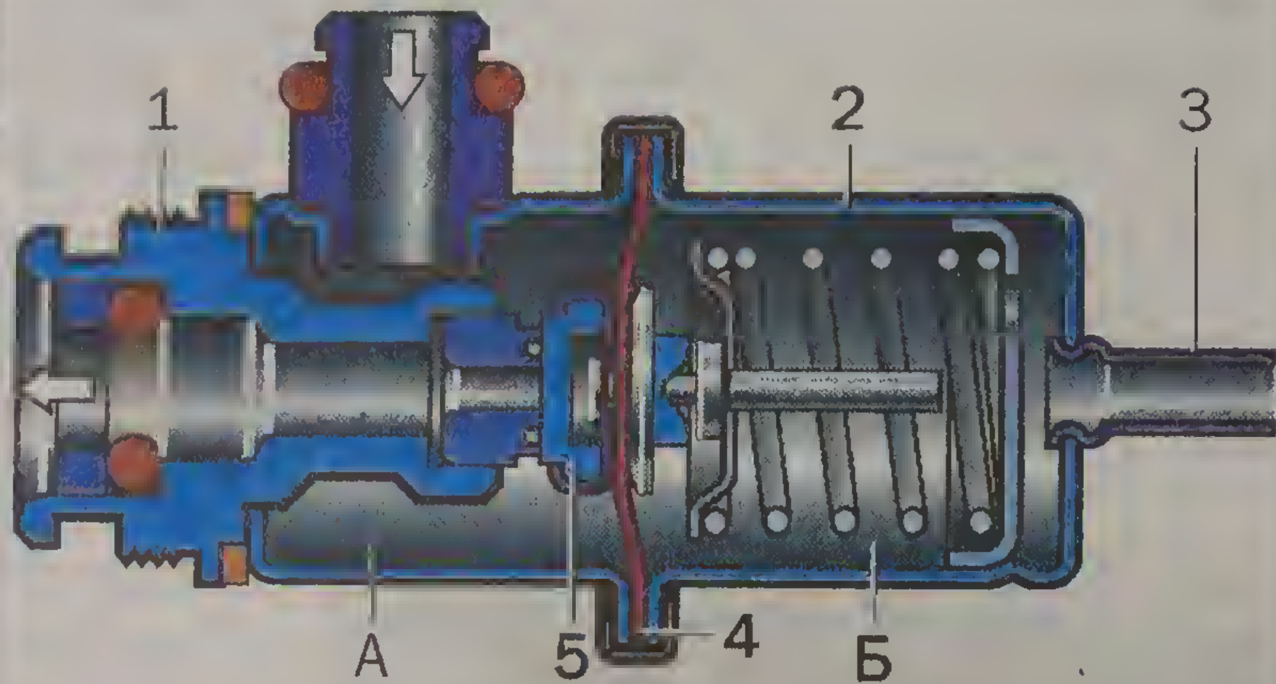
Термостат закрыт

Термостат открыт

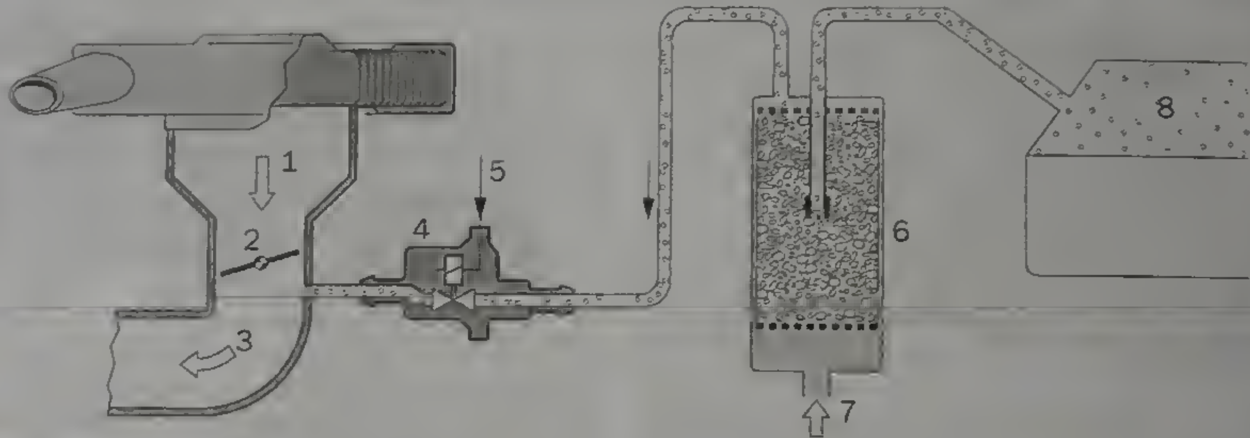

1
2
3
4
8
7
6
5

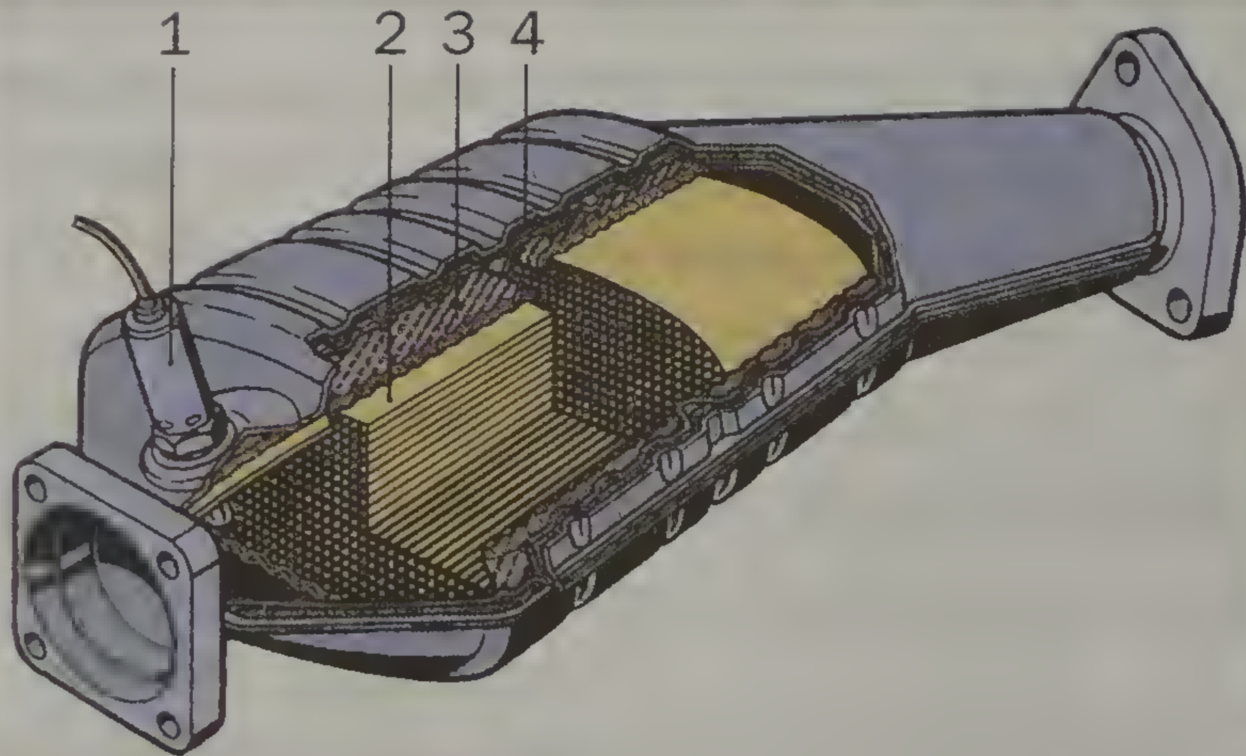

1
2
На большой круг
к радиатору
3
4
5
6
7
Из блока
8
9
10
11
На малый
круг
к насосу
12
13
14

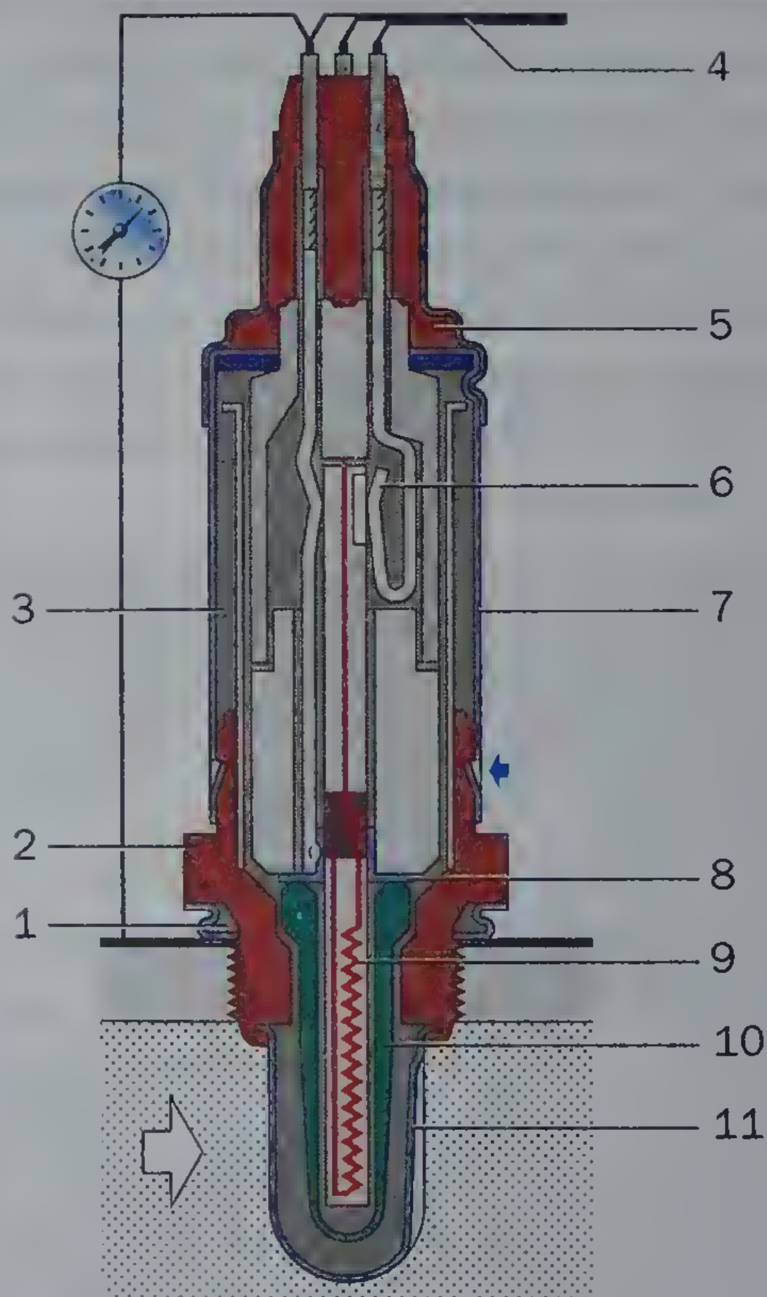

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15



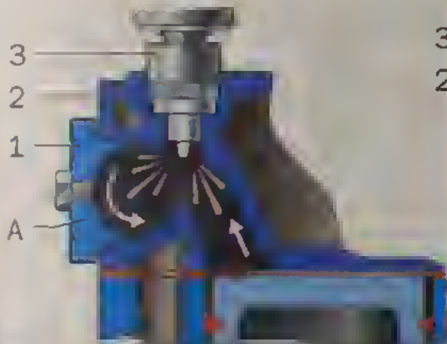
1
2
3
А
5
4
Б

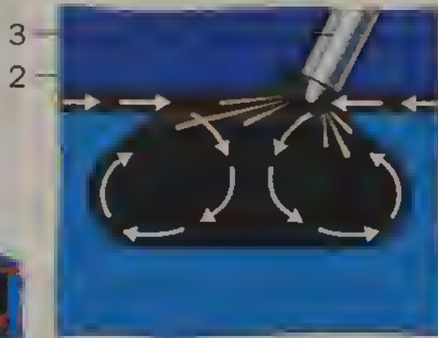

1
2
3
4
5
6
7
8

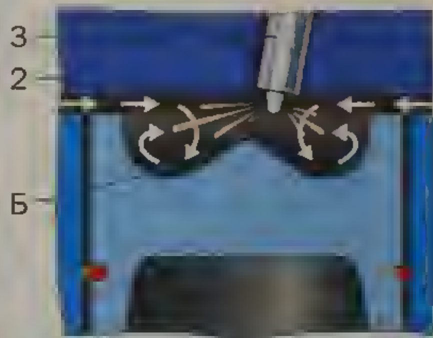

1
2
3
4

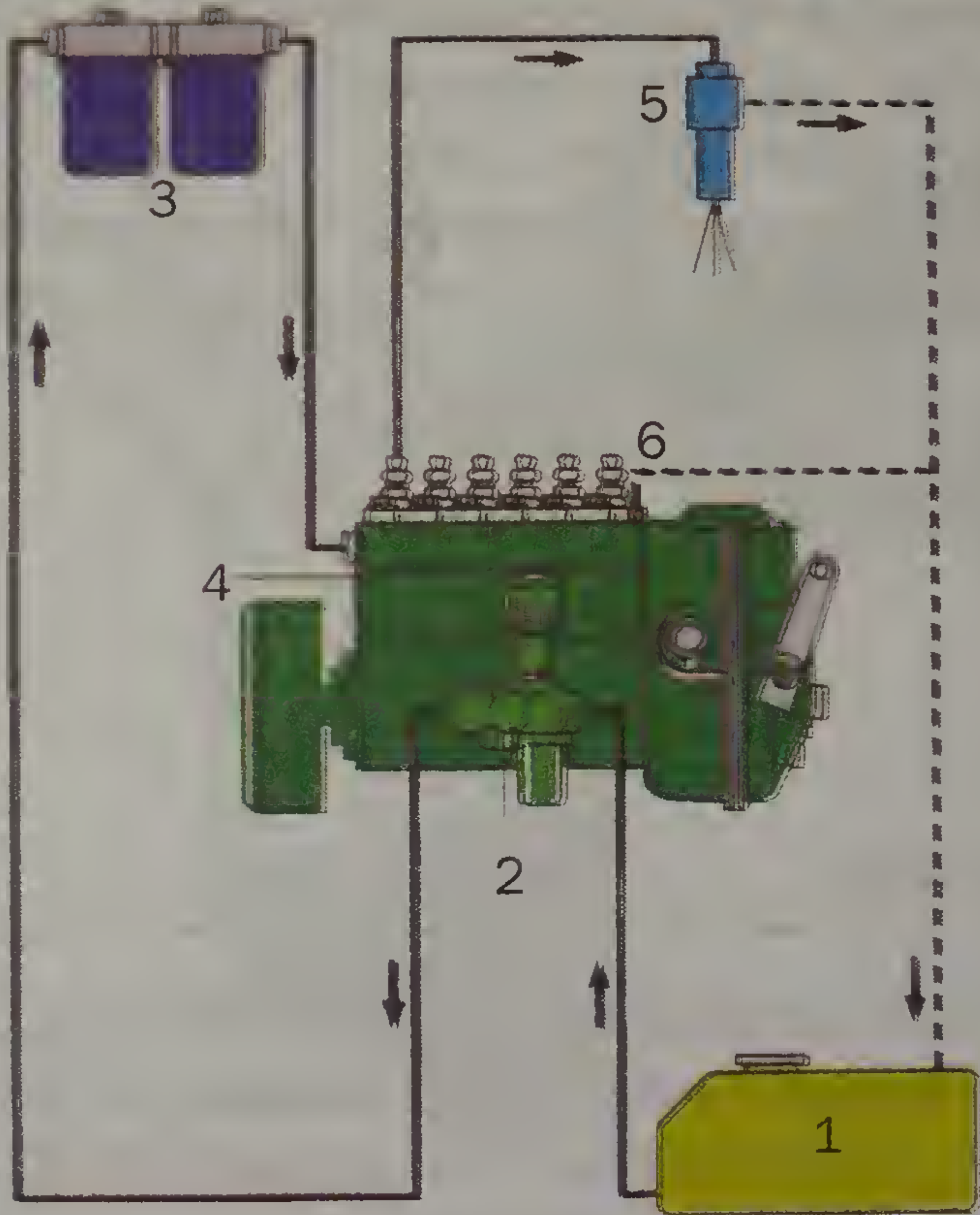


4
5
6
3
7
2
8
1
9
10
11

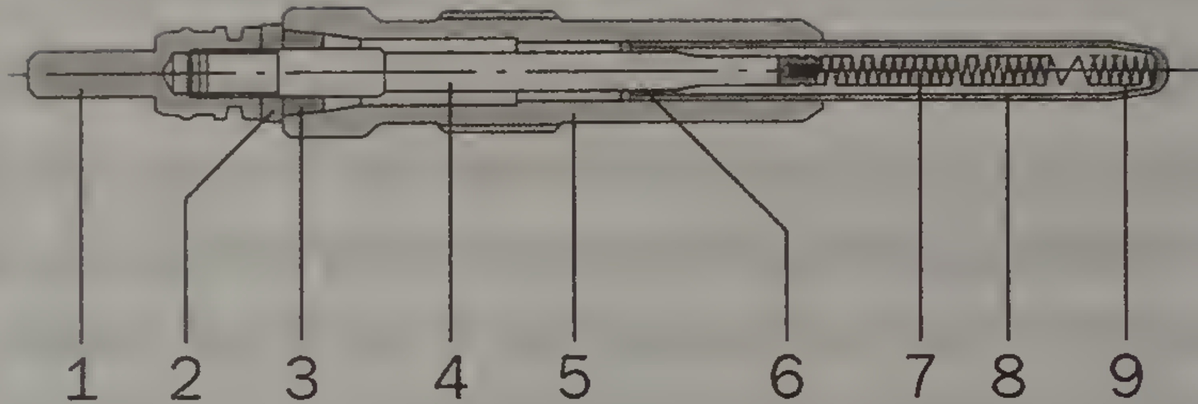

а
3
2
1
А

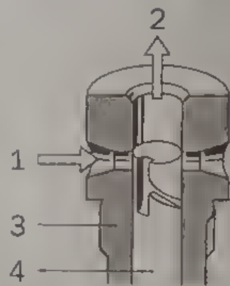

б
3
2


в
3
2
Б



5
3
6
4
2
1


1 2 3 4 5 6 7 8 9

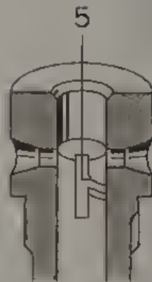


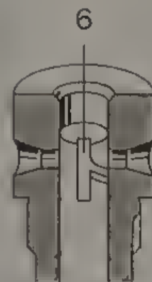


Максимальная подача топлива

Начало подачи топлива (отверстие закрывается)

Конец подачи топлива (отверстие открывается)





Частичная подача топлива

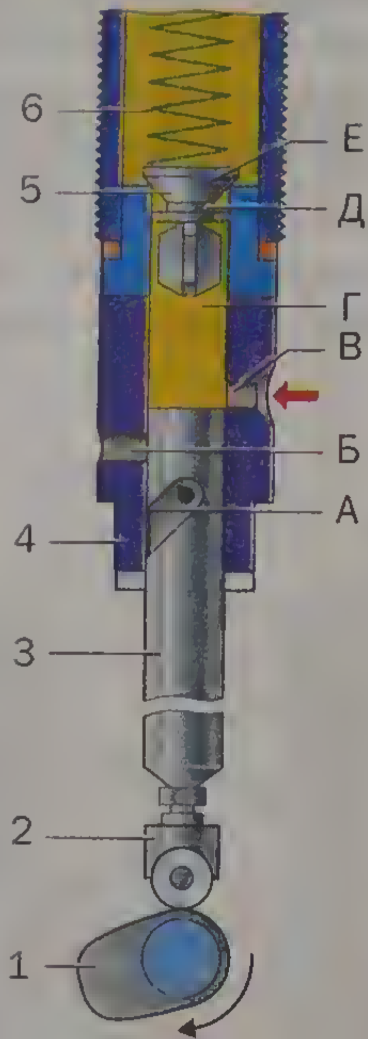
Начало подачи топлива (отверстие закрывается)

Конец подачи топлива (отверстие открывается)



Выключение подачи

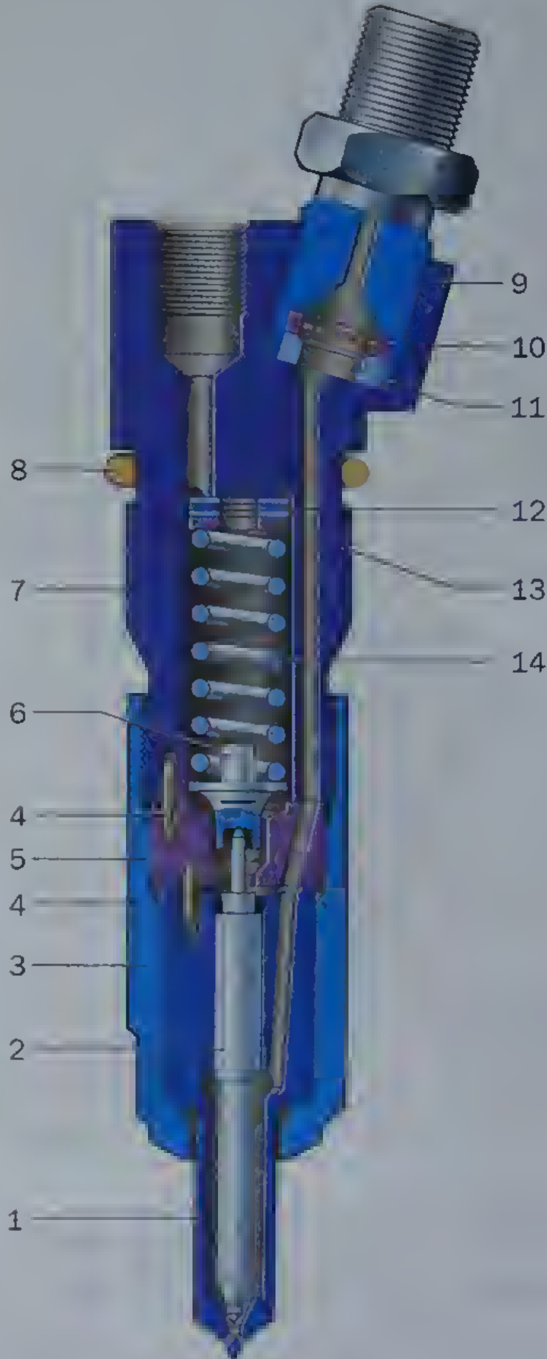
Нижняя точка мертва

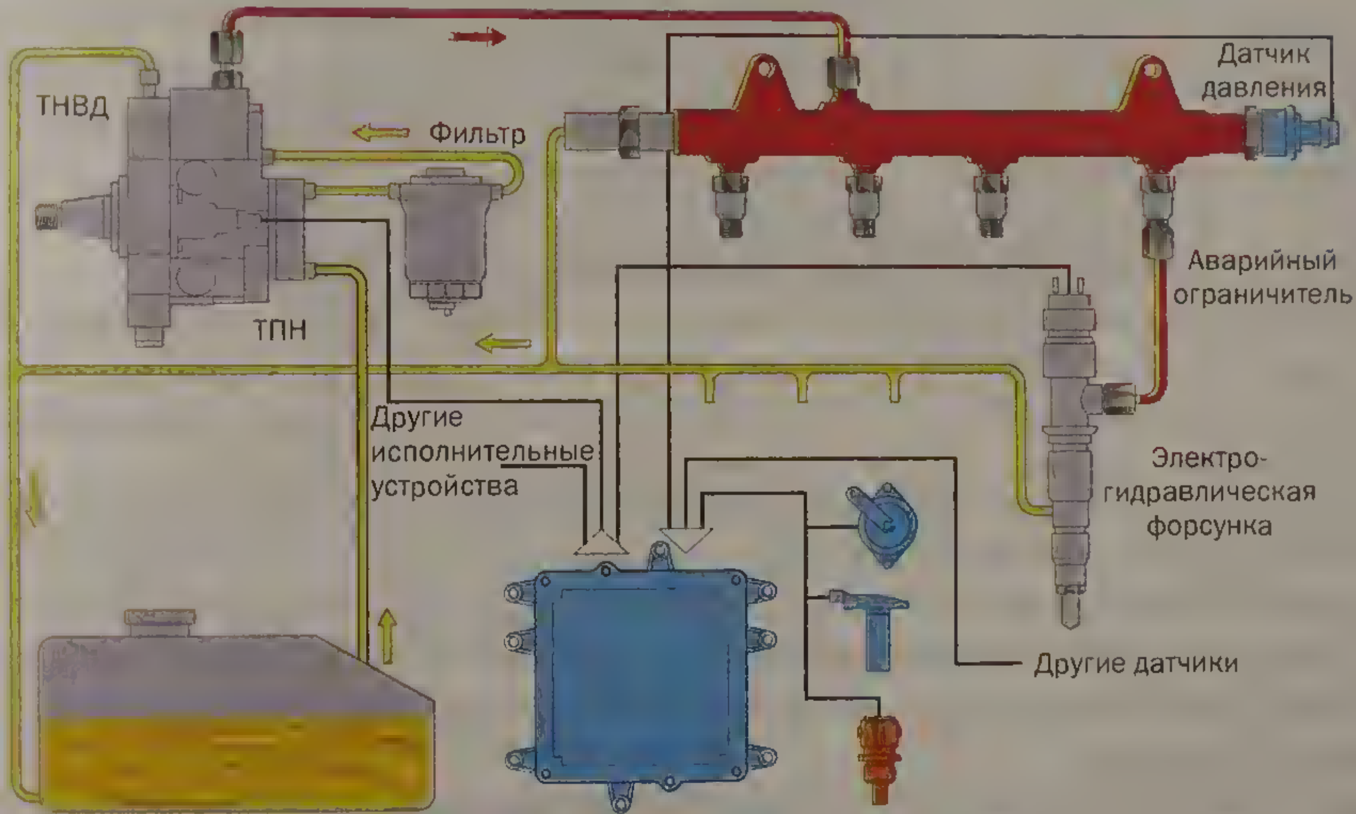

I
6
5
Е
Д
Г
В
Б
А
4
3
2
1

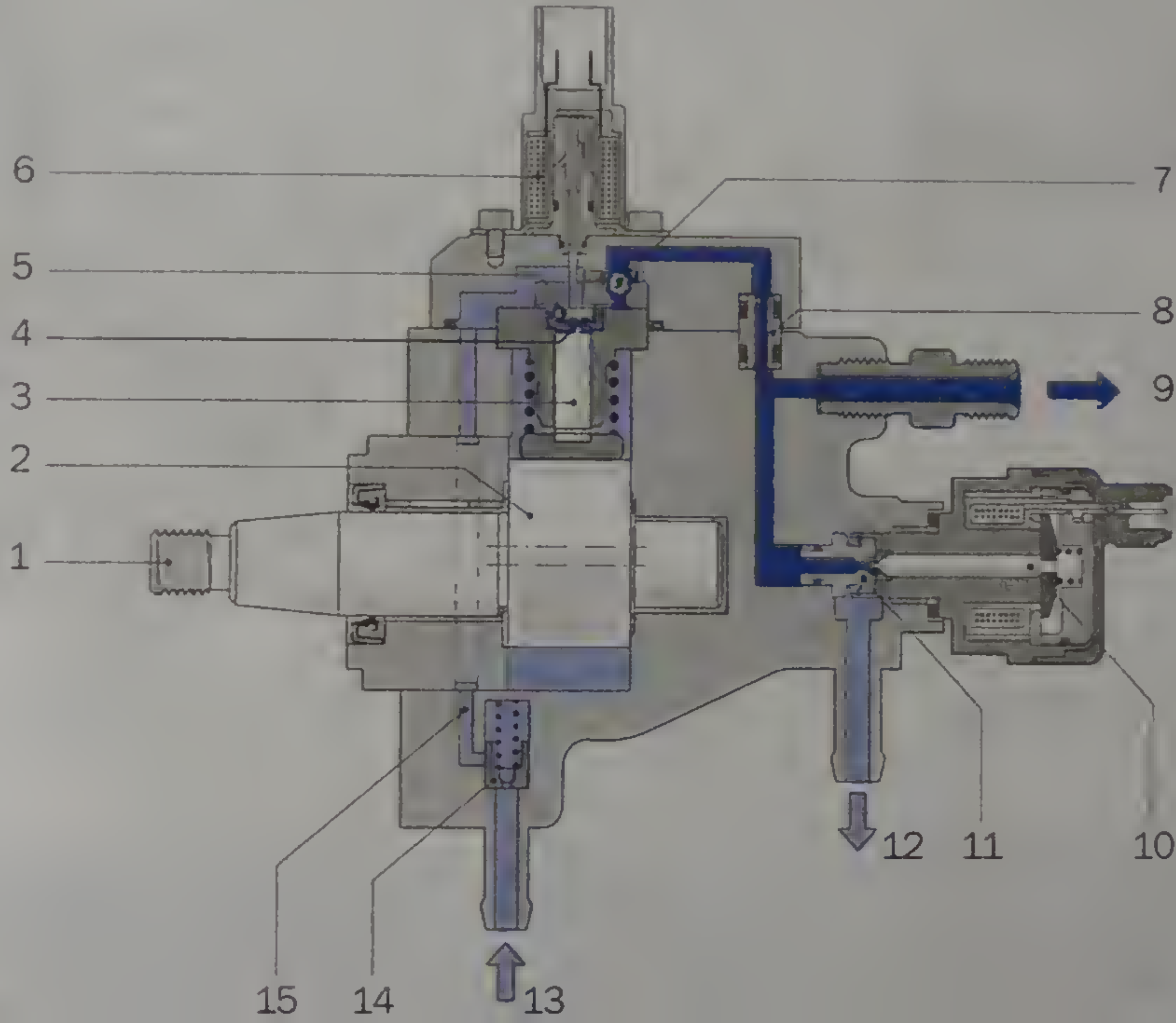

II

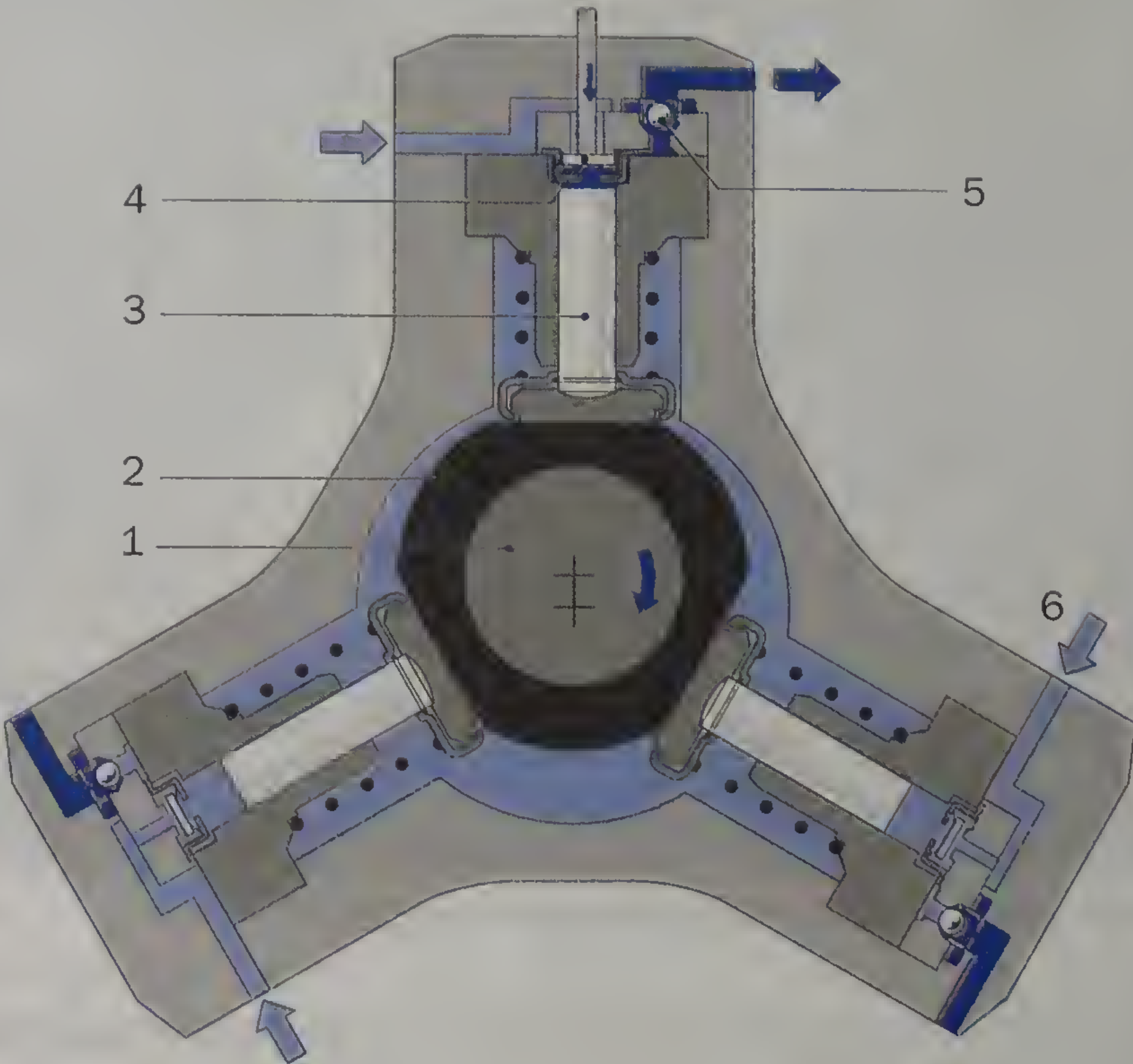

III


IV

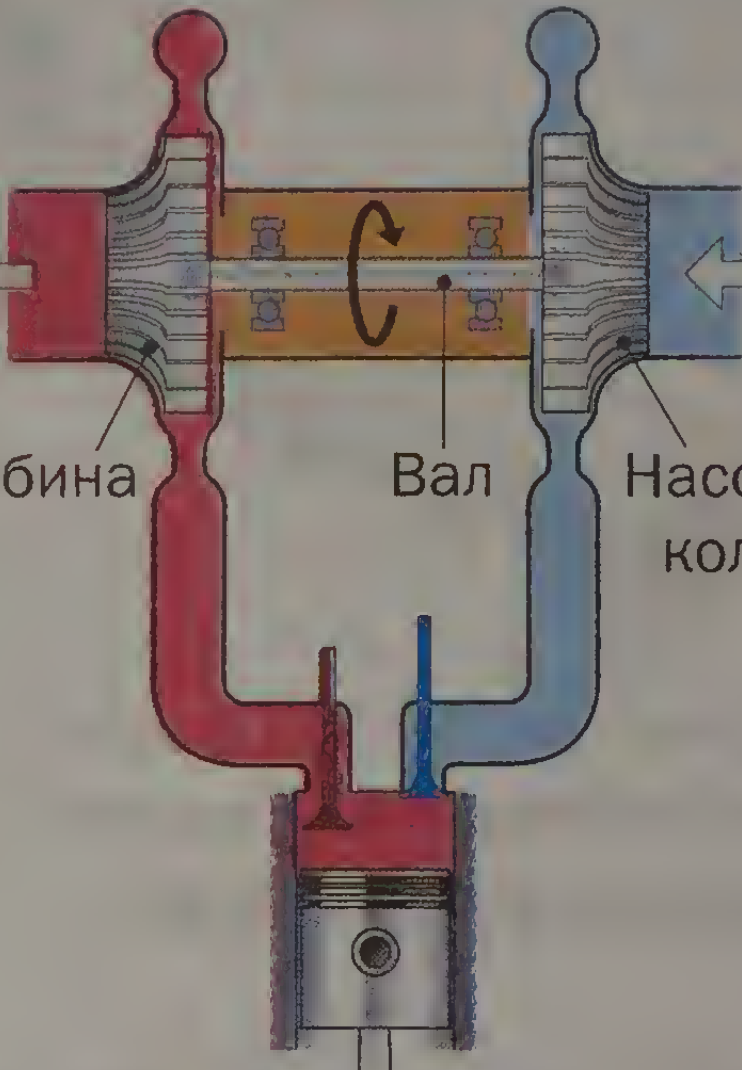

9
10
11
8
12
7
13
14
6
4
5
4
3
2
1


ТНВД
Фильтр
Датчик
давления
ТПН
Аварийный
ограничитель
Другие
исполнительные
устройства
Электро-
гидравлическая
форсунка
Другие датчики

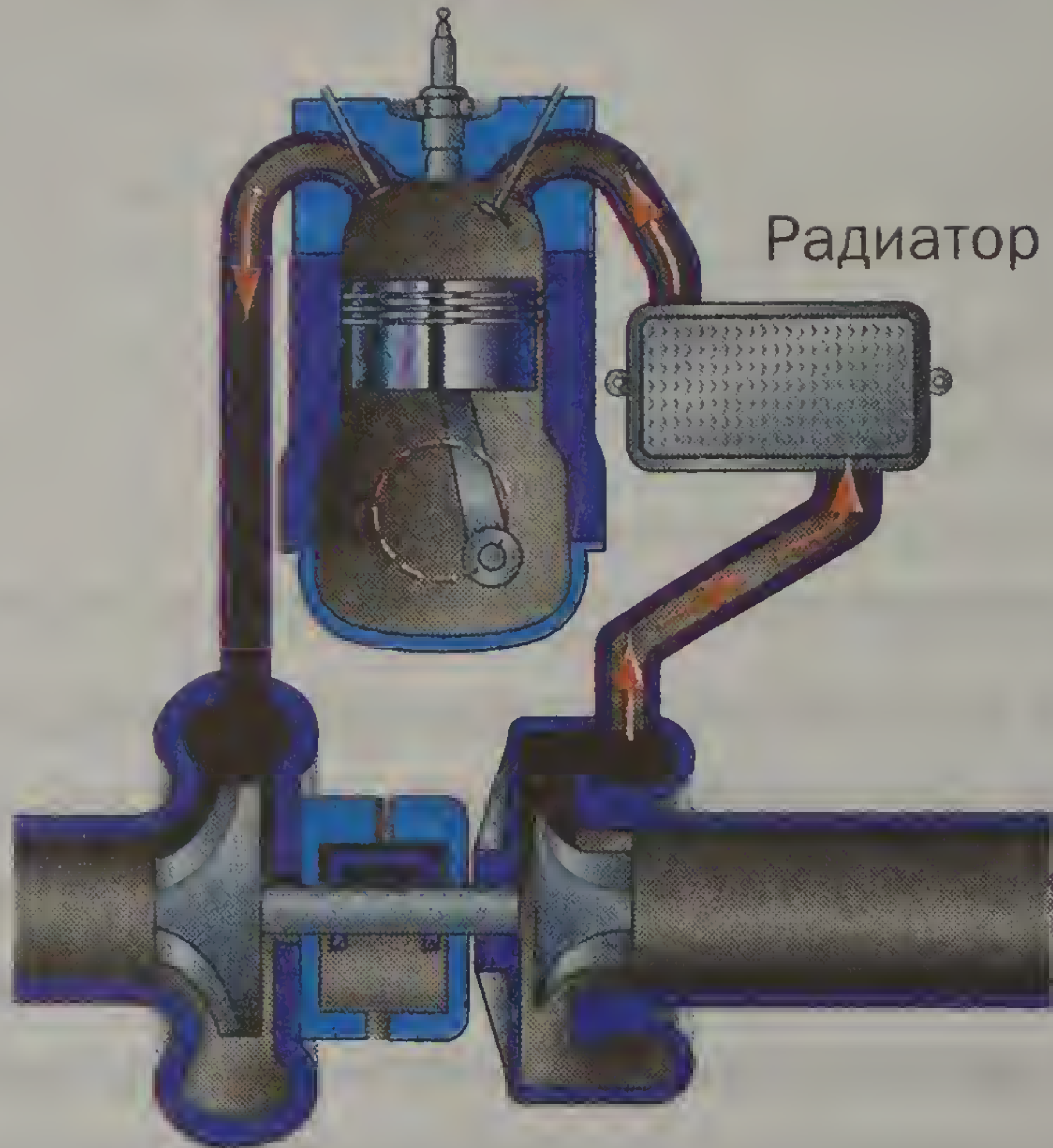

6
7
5
8
4
3
9
2
1
12
11
10
15
14
13

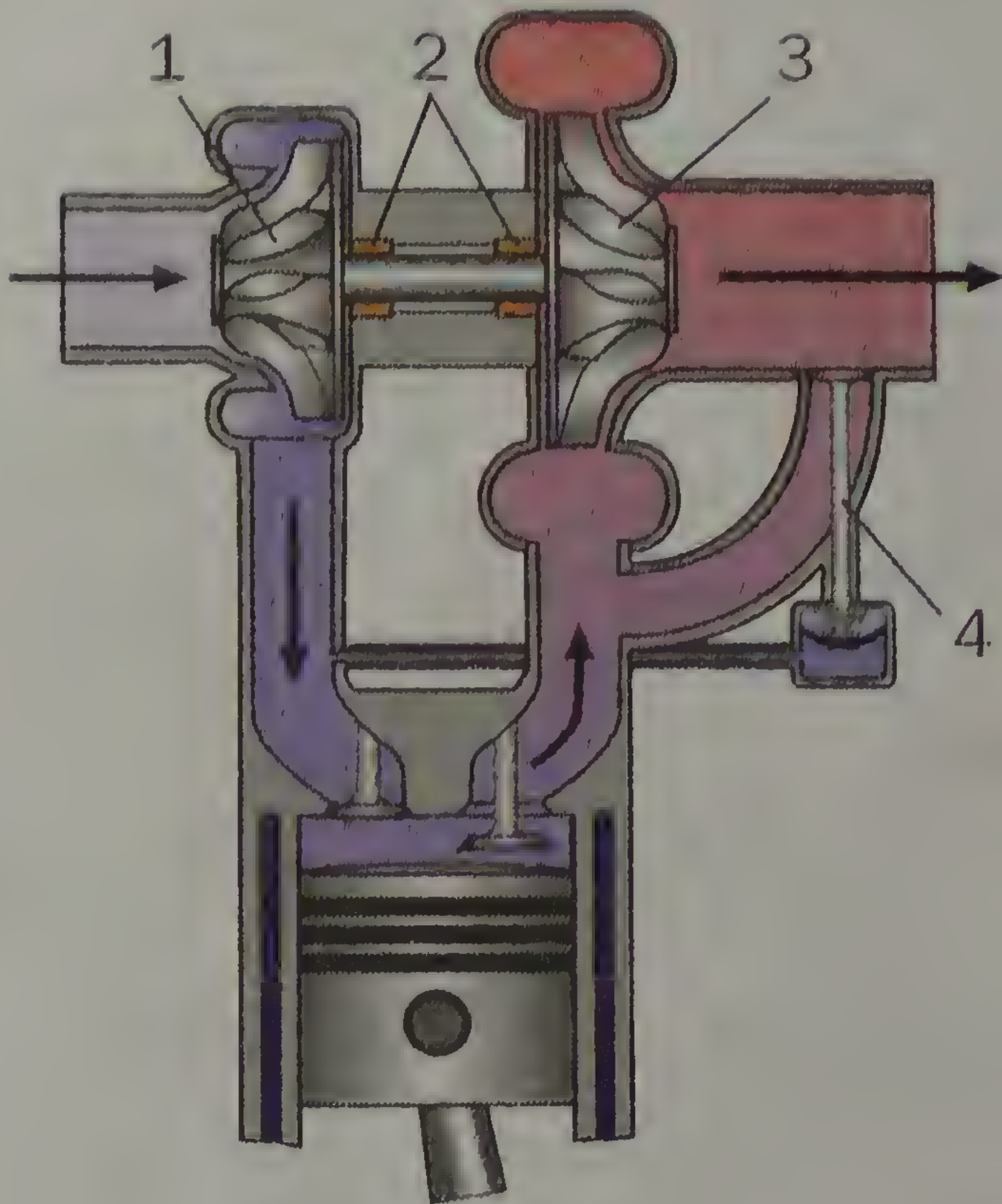


4
5
3
2
1
6

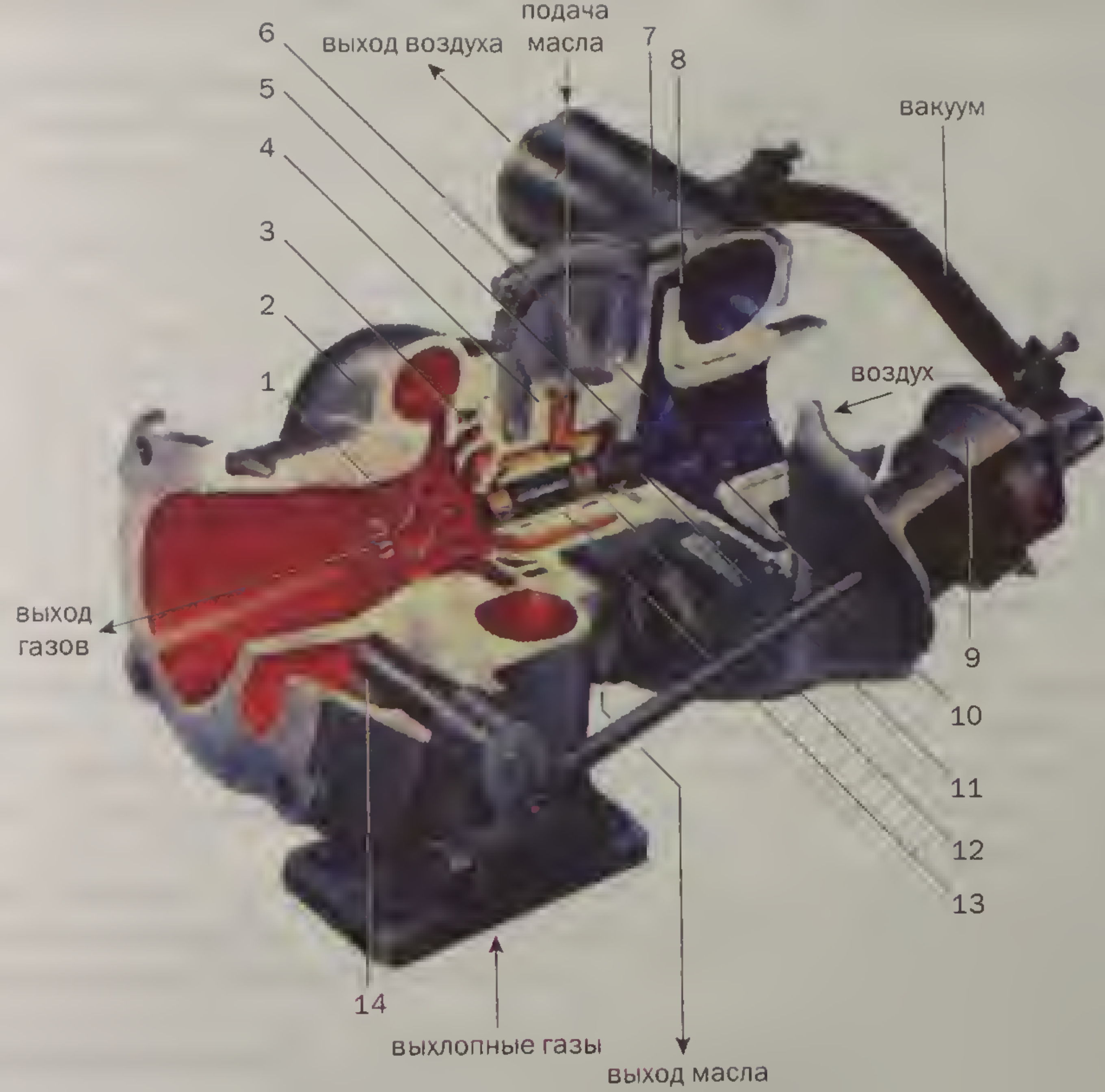


Отработавшие газы
Воздух
Турбина
Вал
Насосное колесо

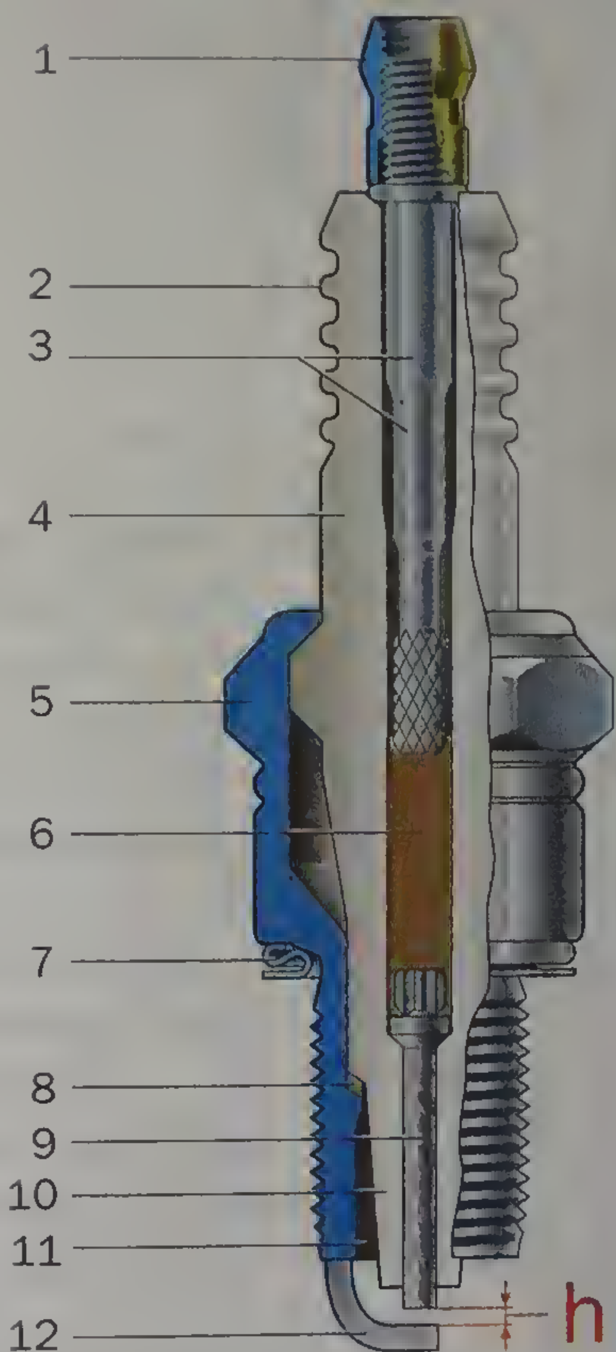

Радиатор



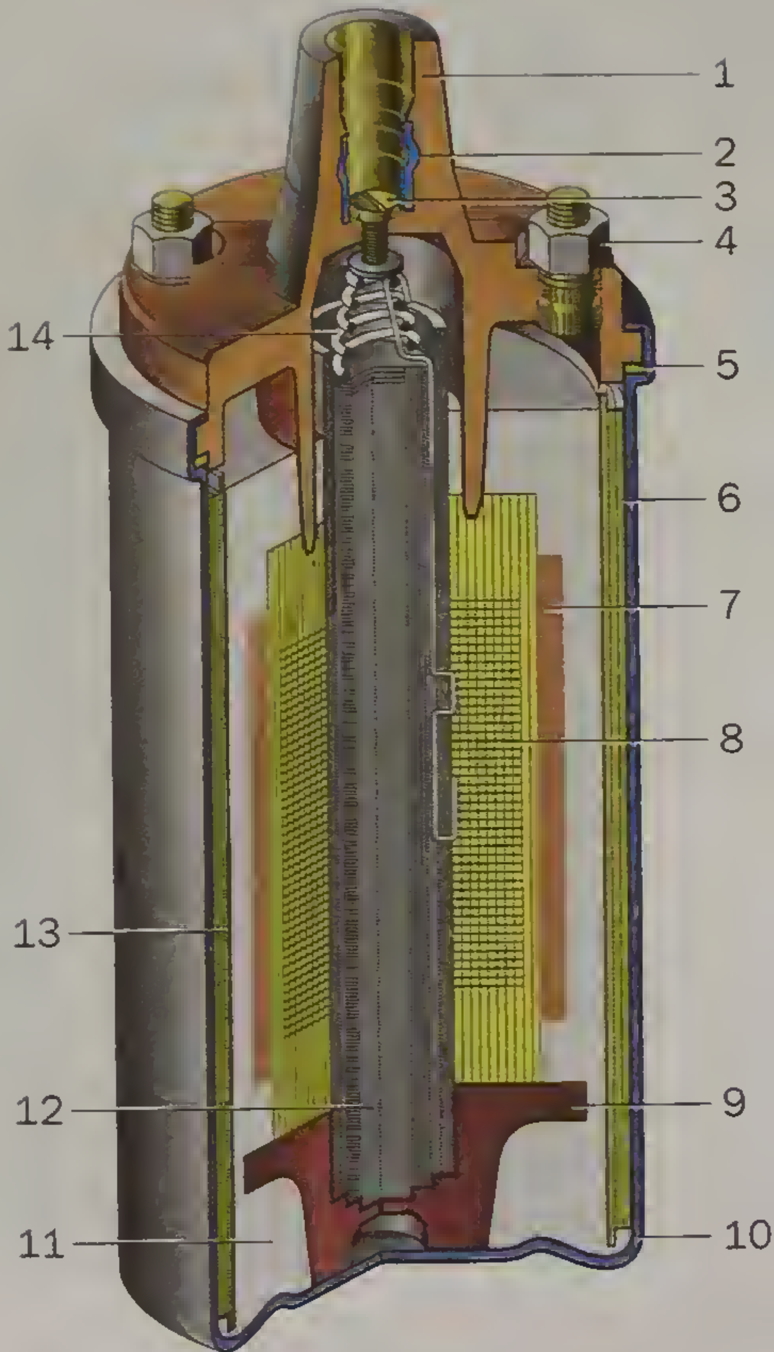
1
2
3
4

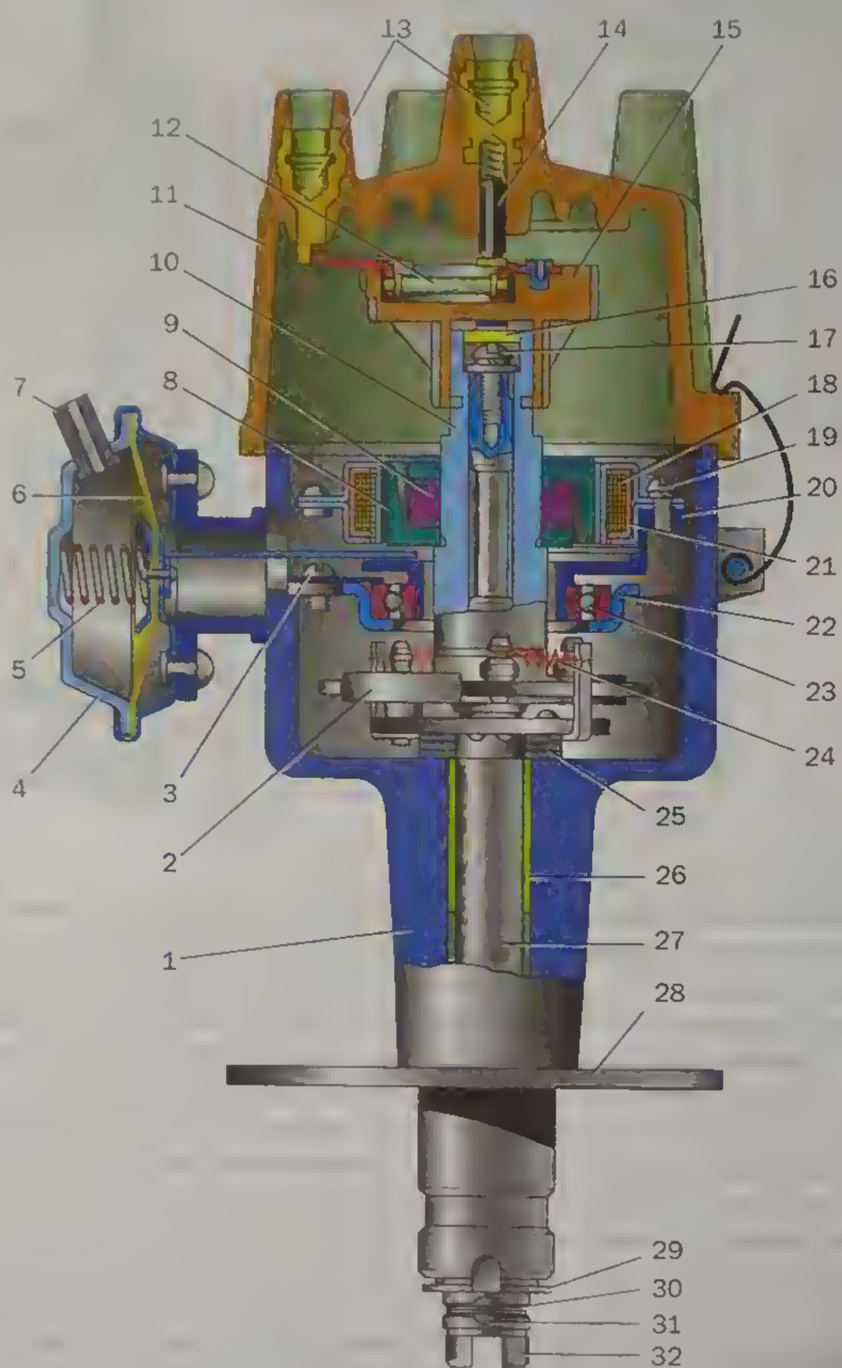


подача
масла
выход воздуха
вакуум
воздух
выход
газов
выхлопные газы
выход масла
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

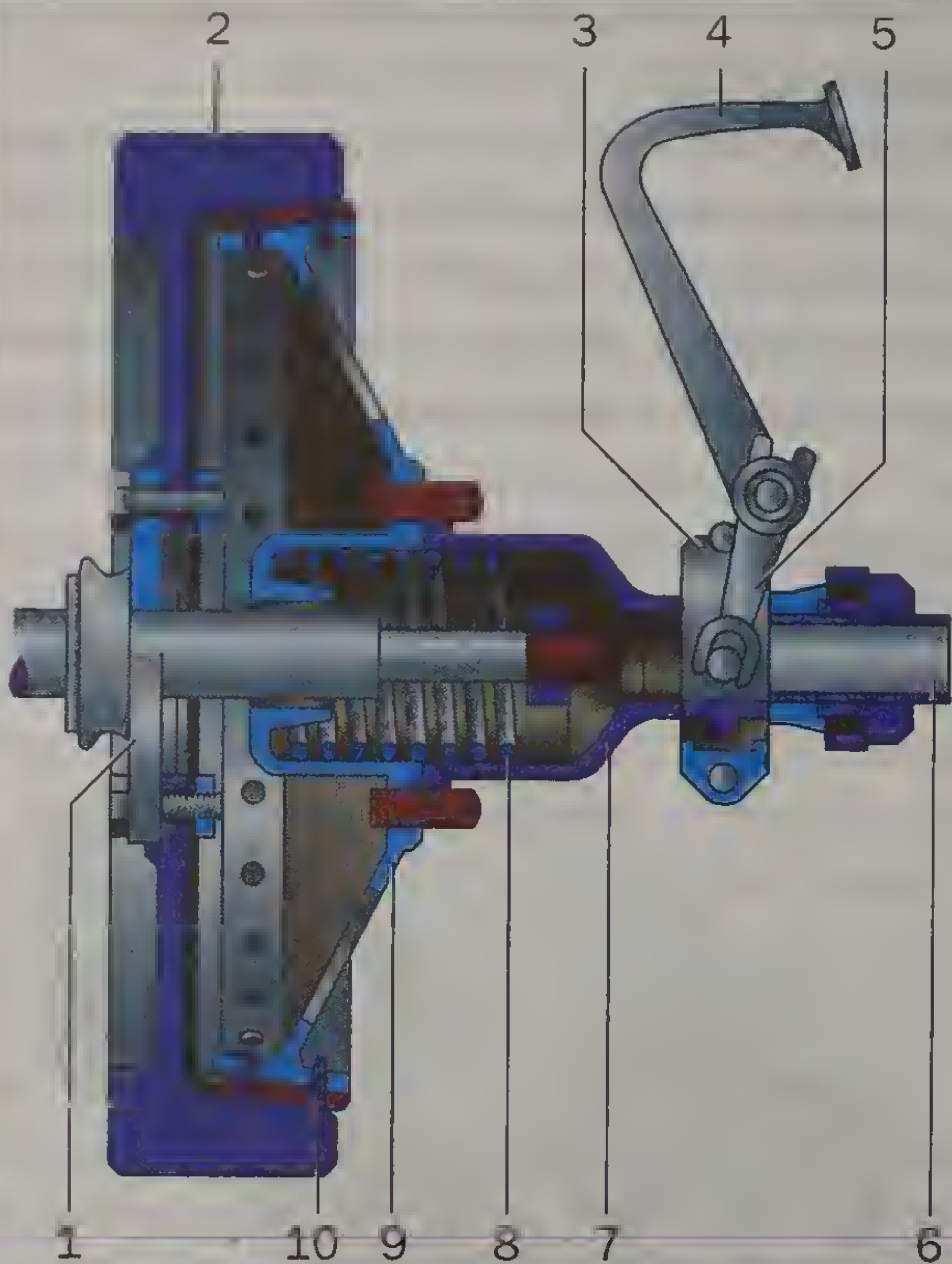


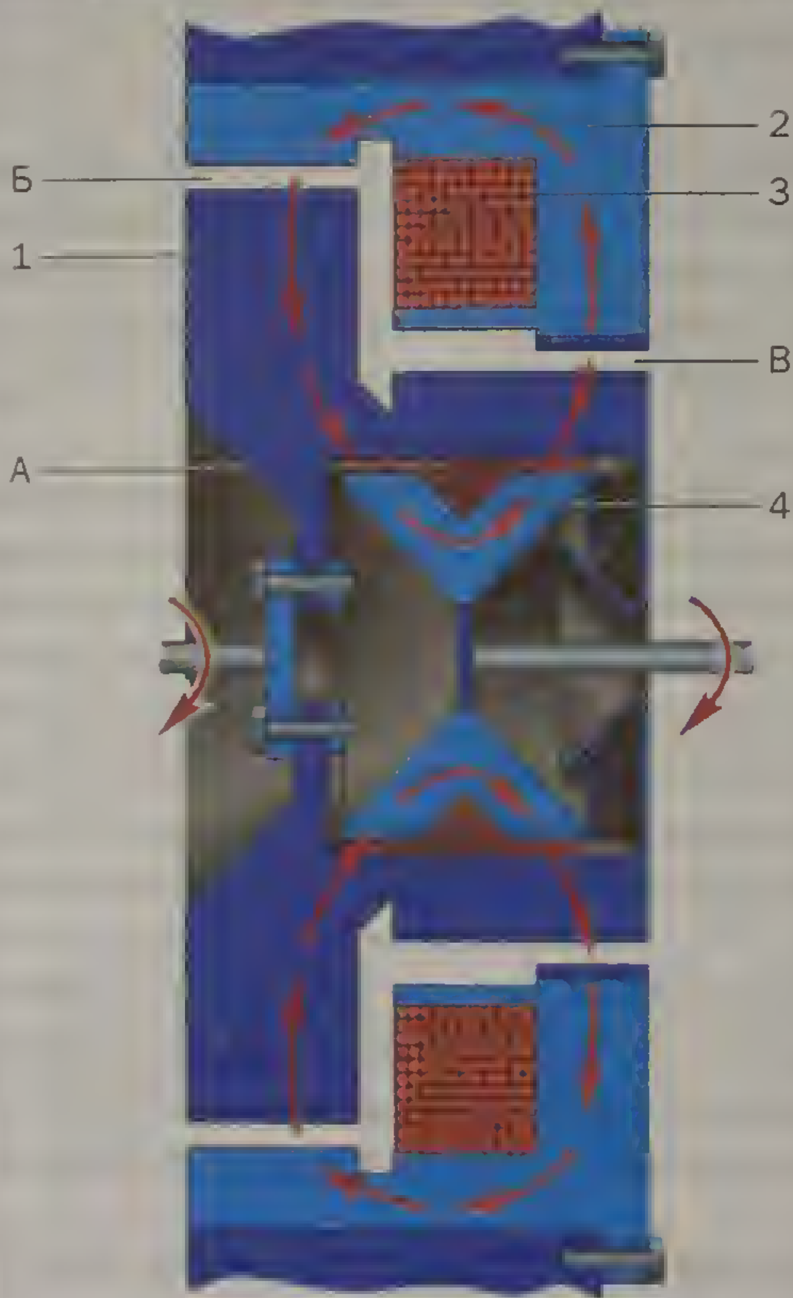
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
h

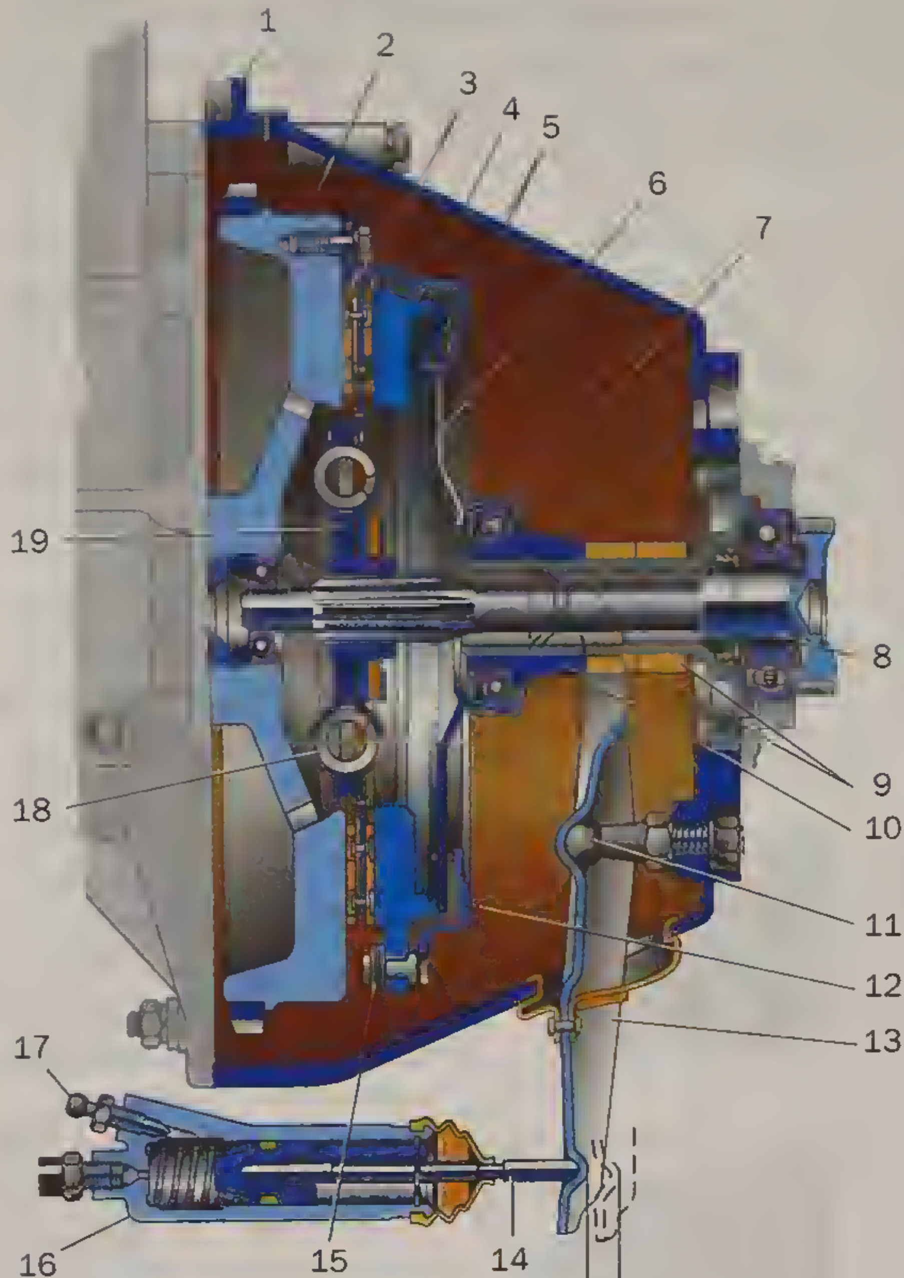

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



13
14
15
12
11
10
16
9
17
8
18
7
19
6
20
21
22
5
23
24
4
3
25
2
26
1
27
28
29
30
31
32

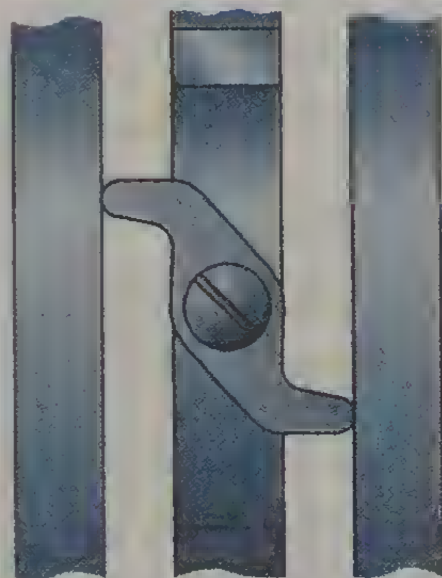

2
3
4
5
1
10
9
8
7
6


2
Б
3
1
В
А
4


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
Рабочий ход не менее 14 мм

а

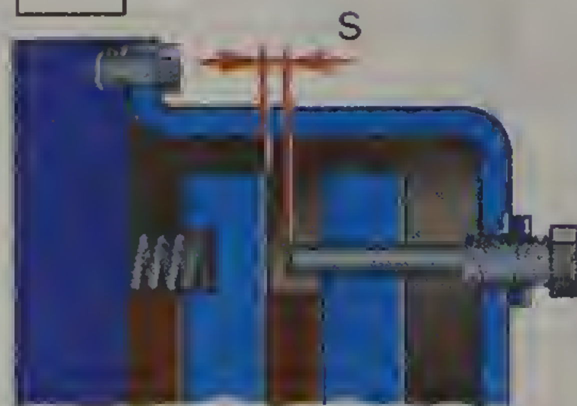


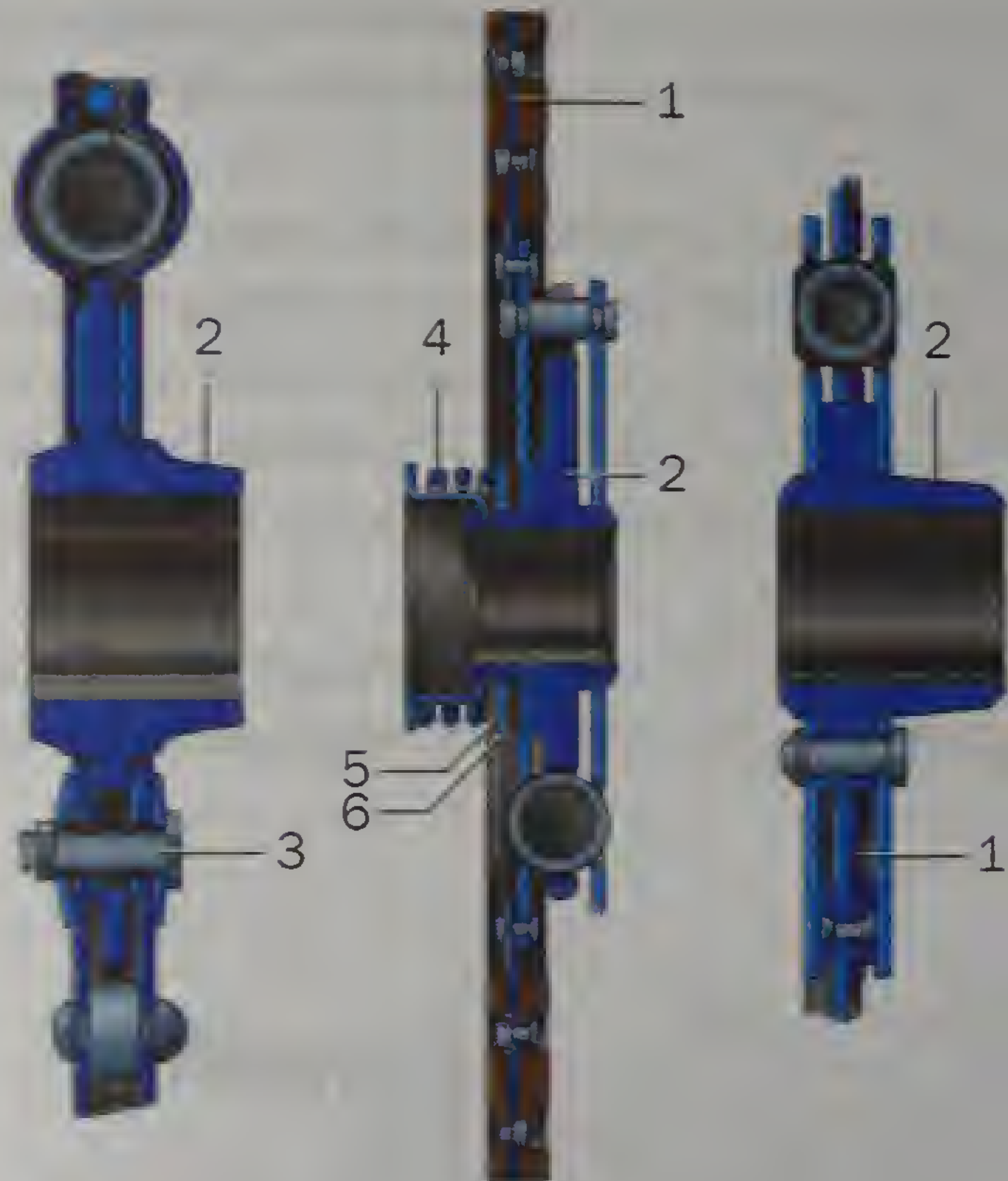


б

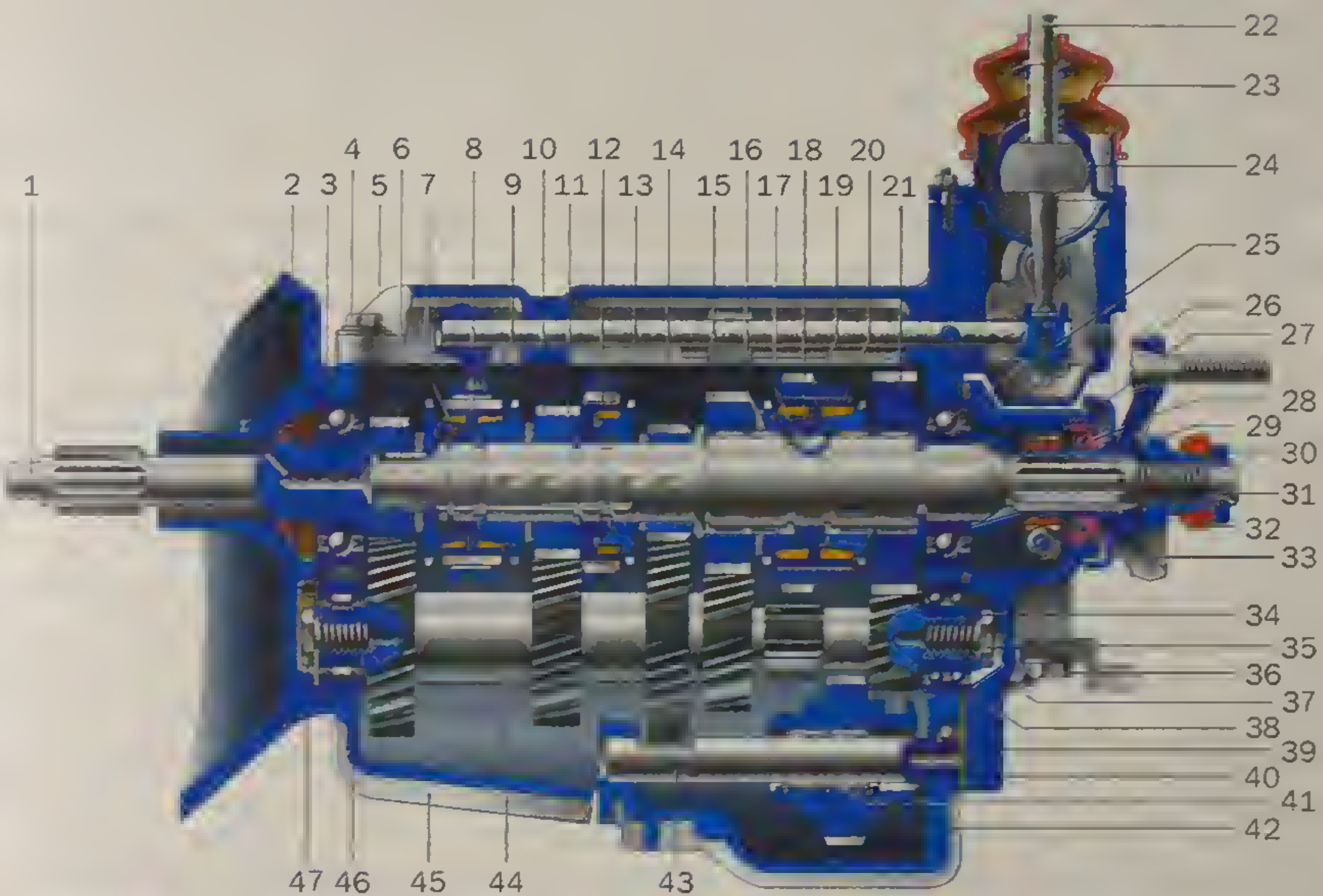


в

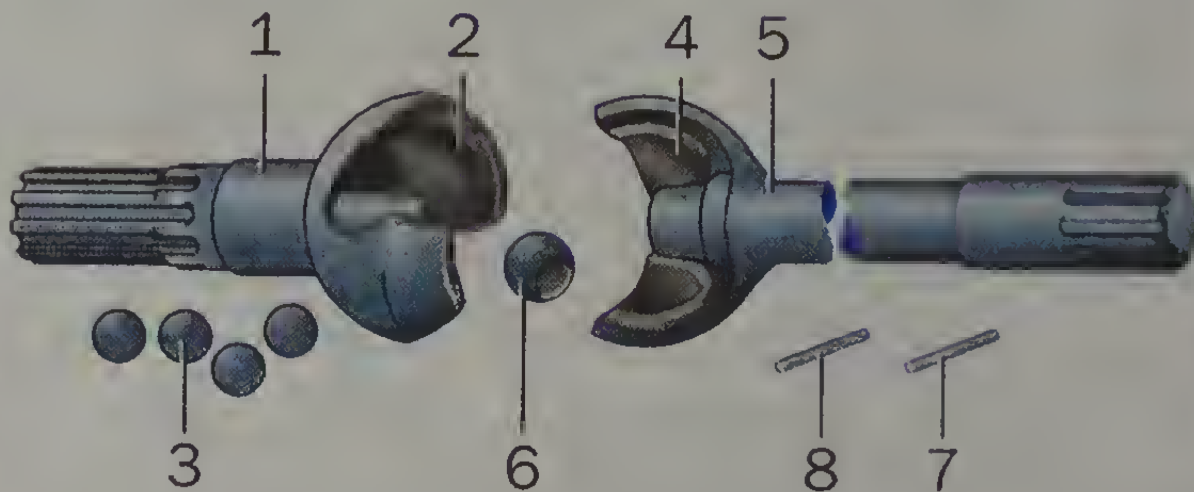


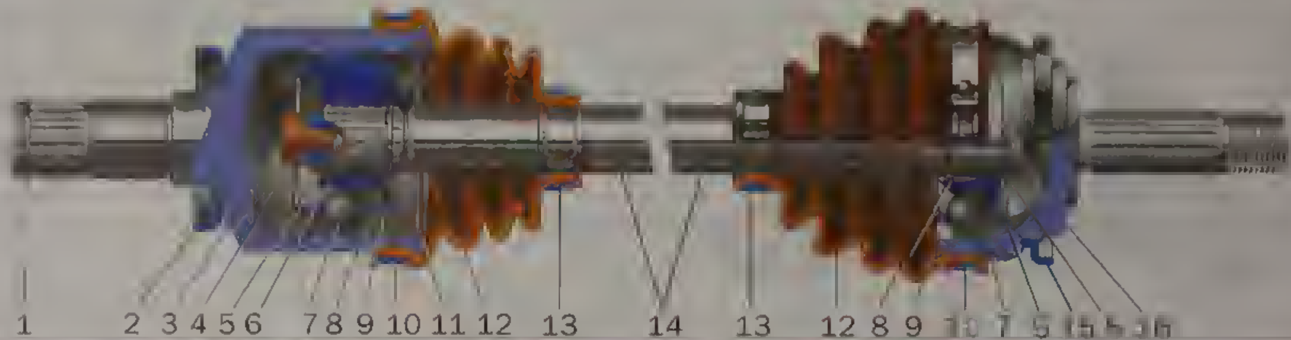


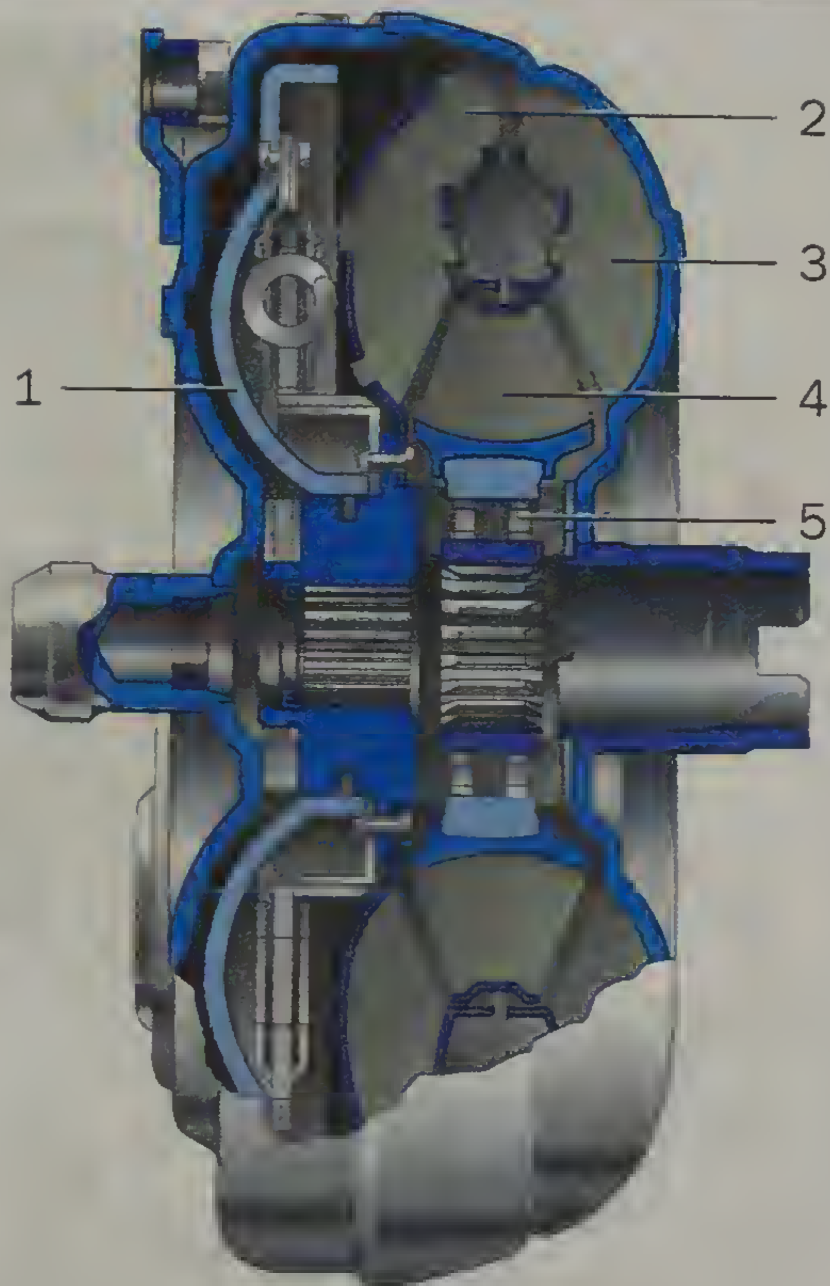
1
2
4
2
2
5
6
3
1


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

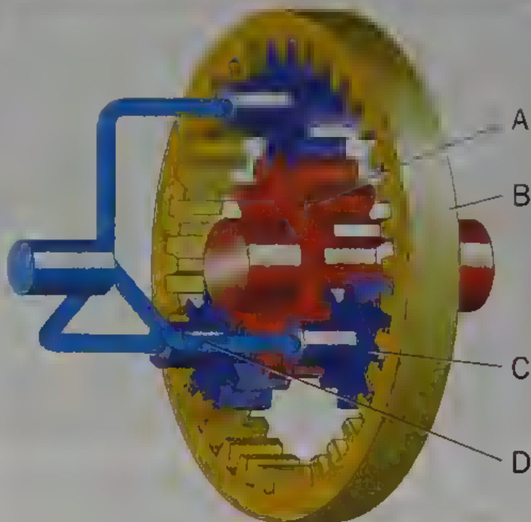
1
2
3
4
5
6

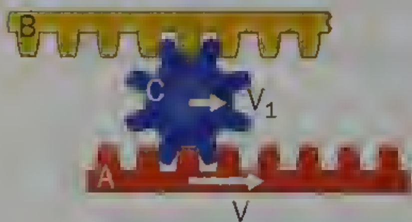

1
2
4
5
3
6
8
7

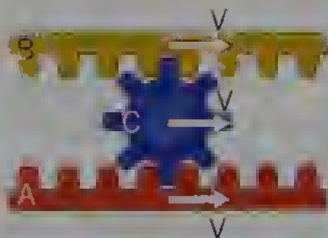

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
13
12
8
9
10
7
5

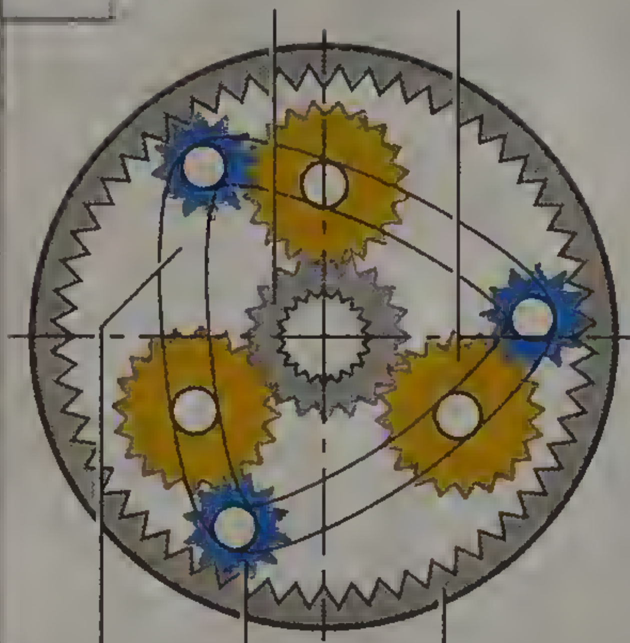

2
3
1
4
5

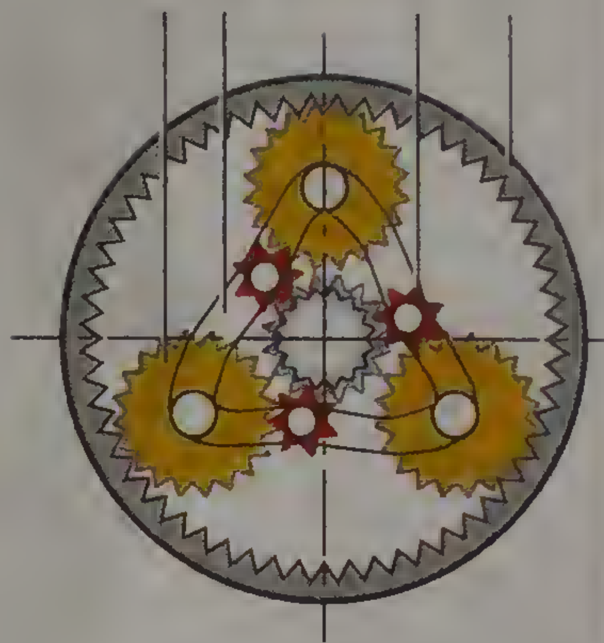
a

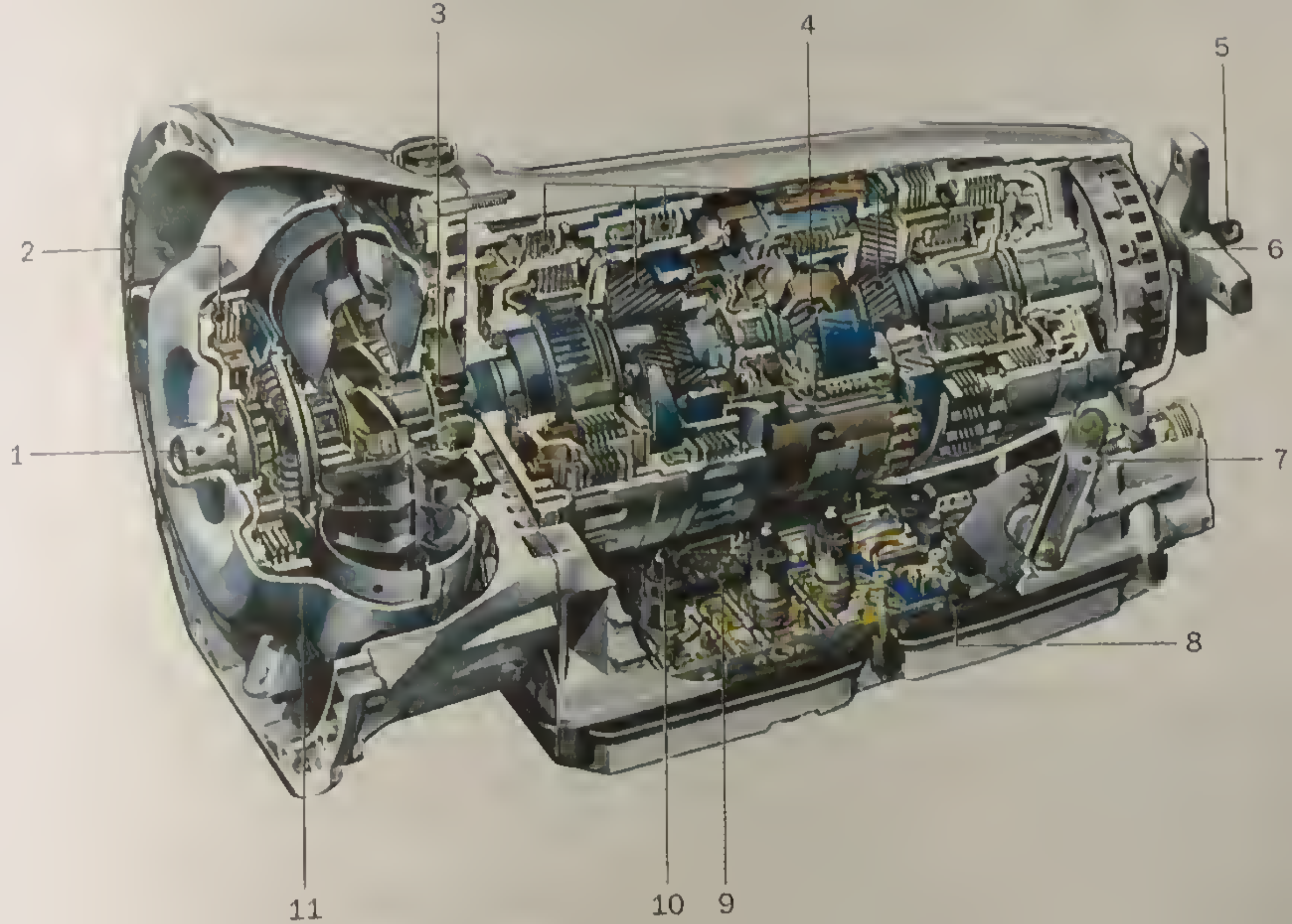




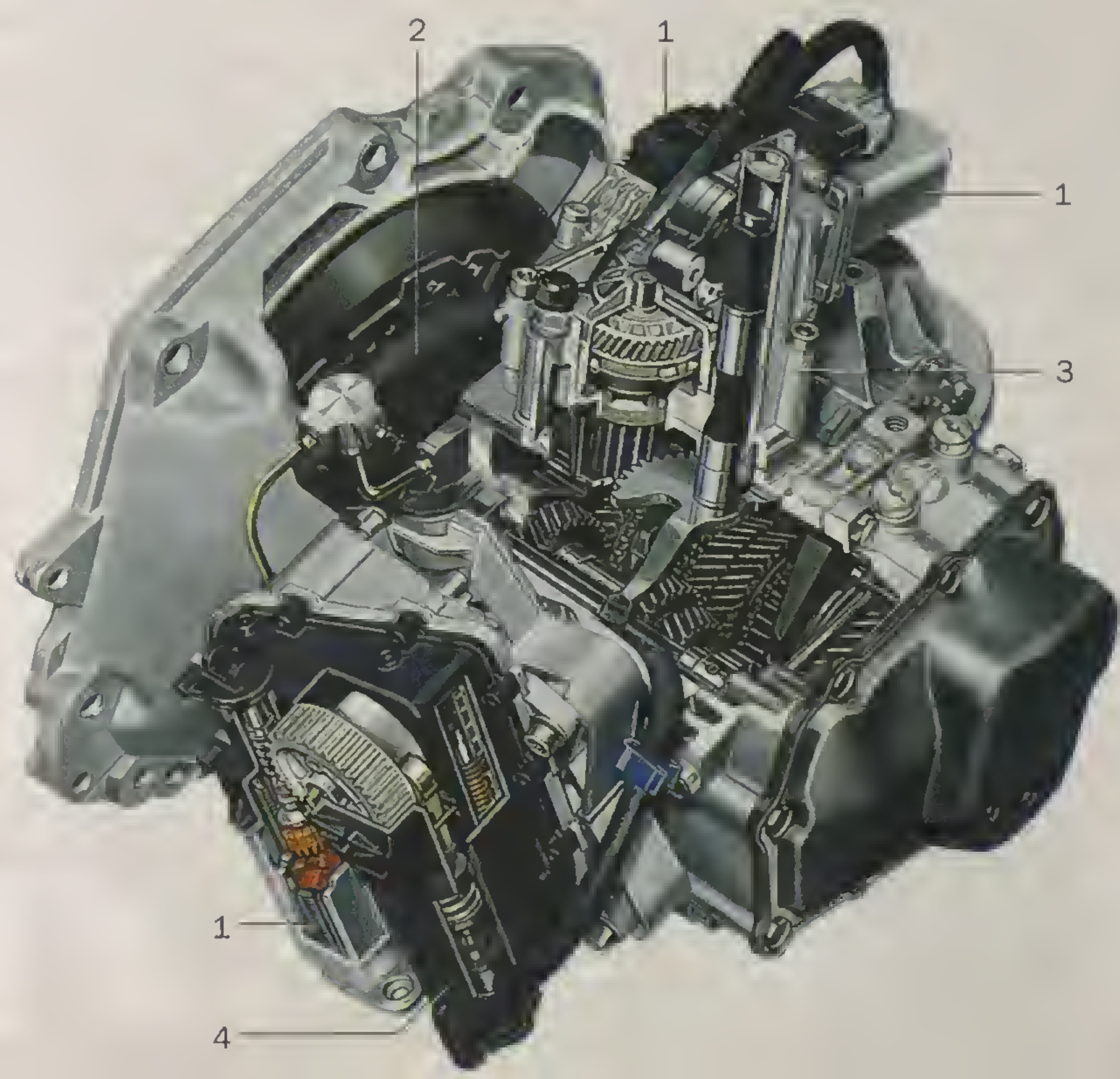



б
1
2
3
6
5

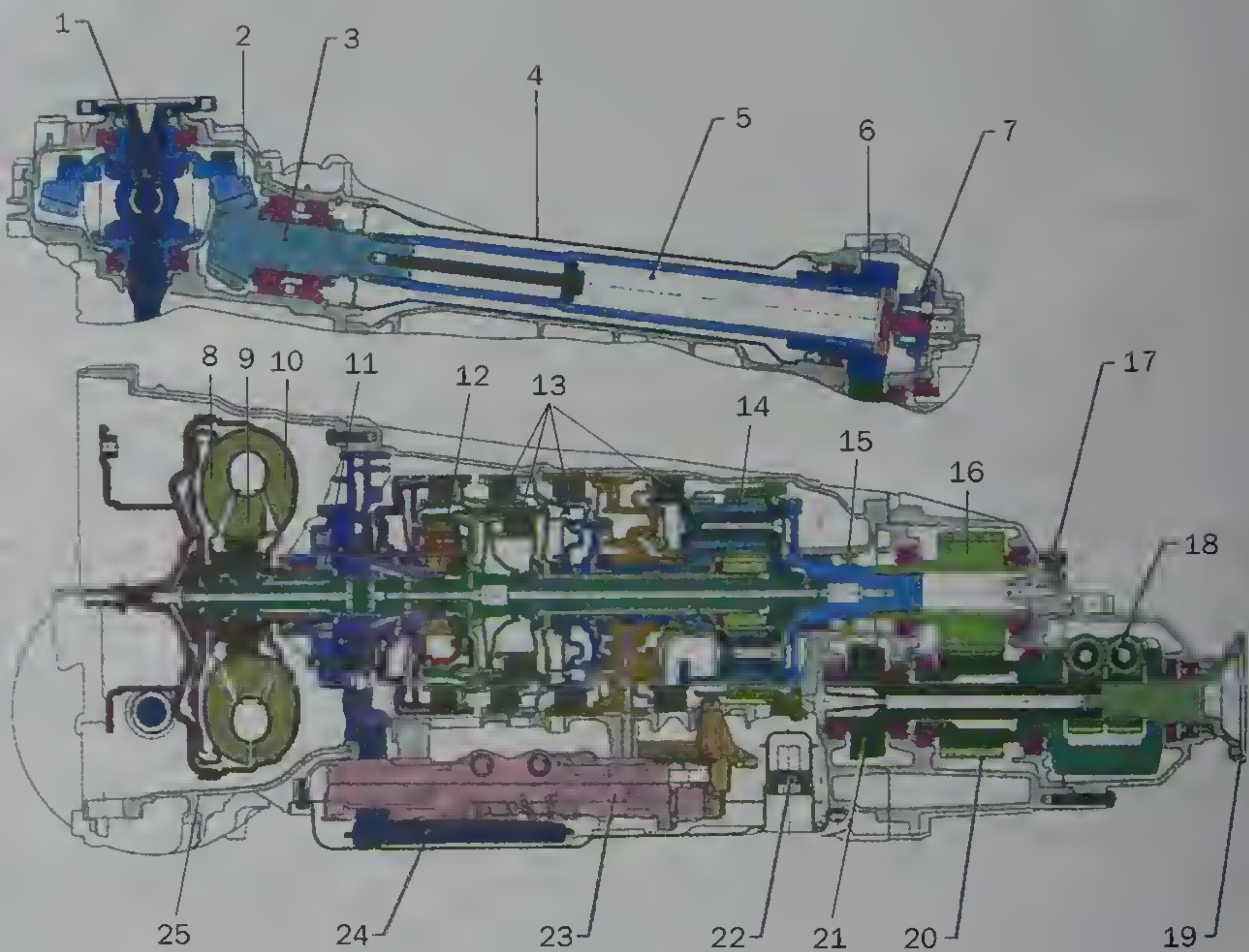

2
3
4
5

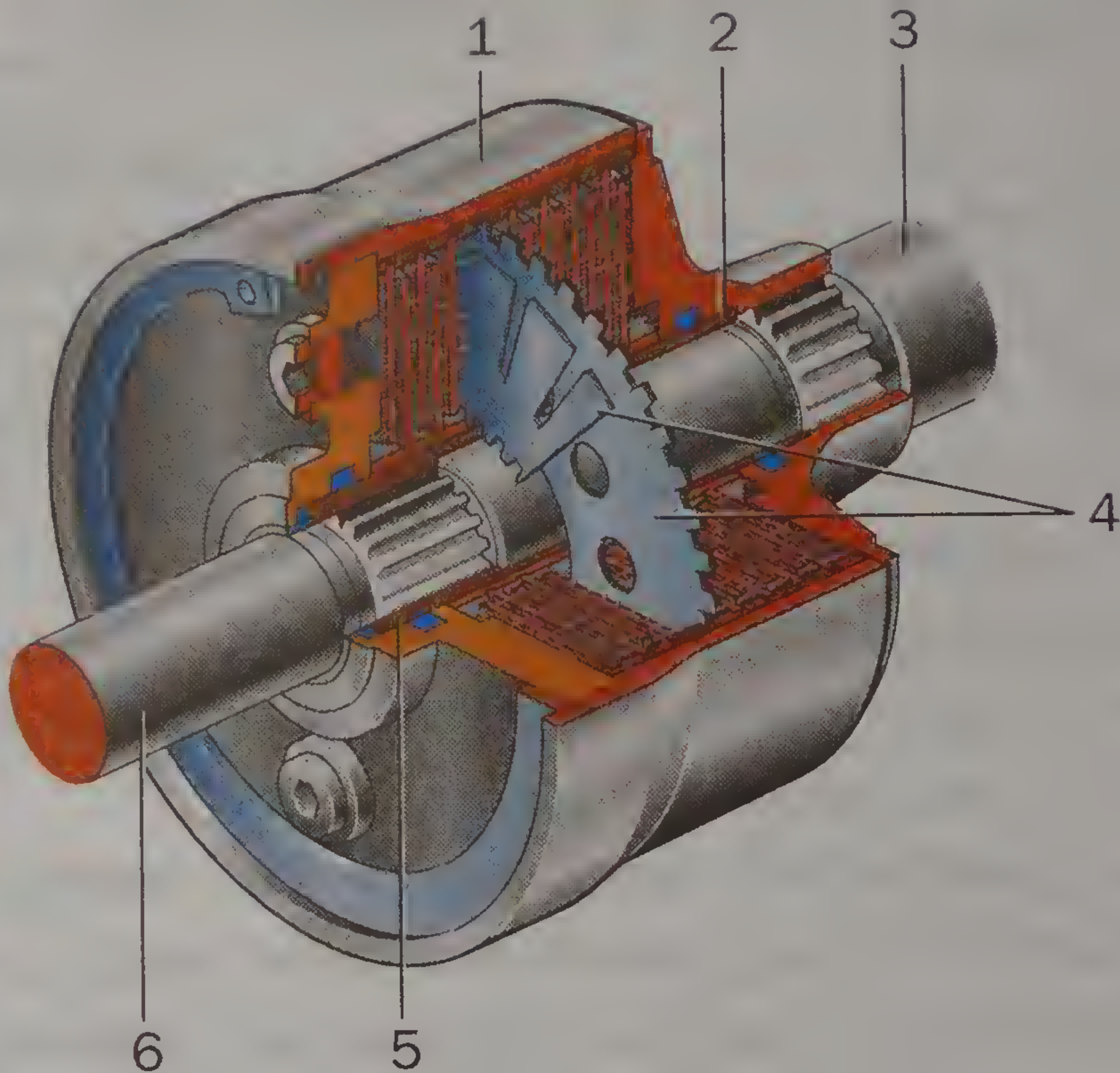


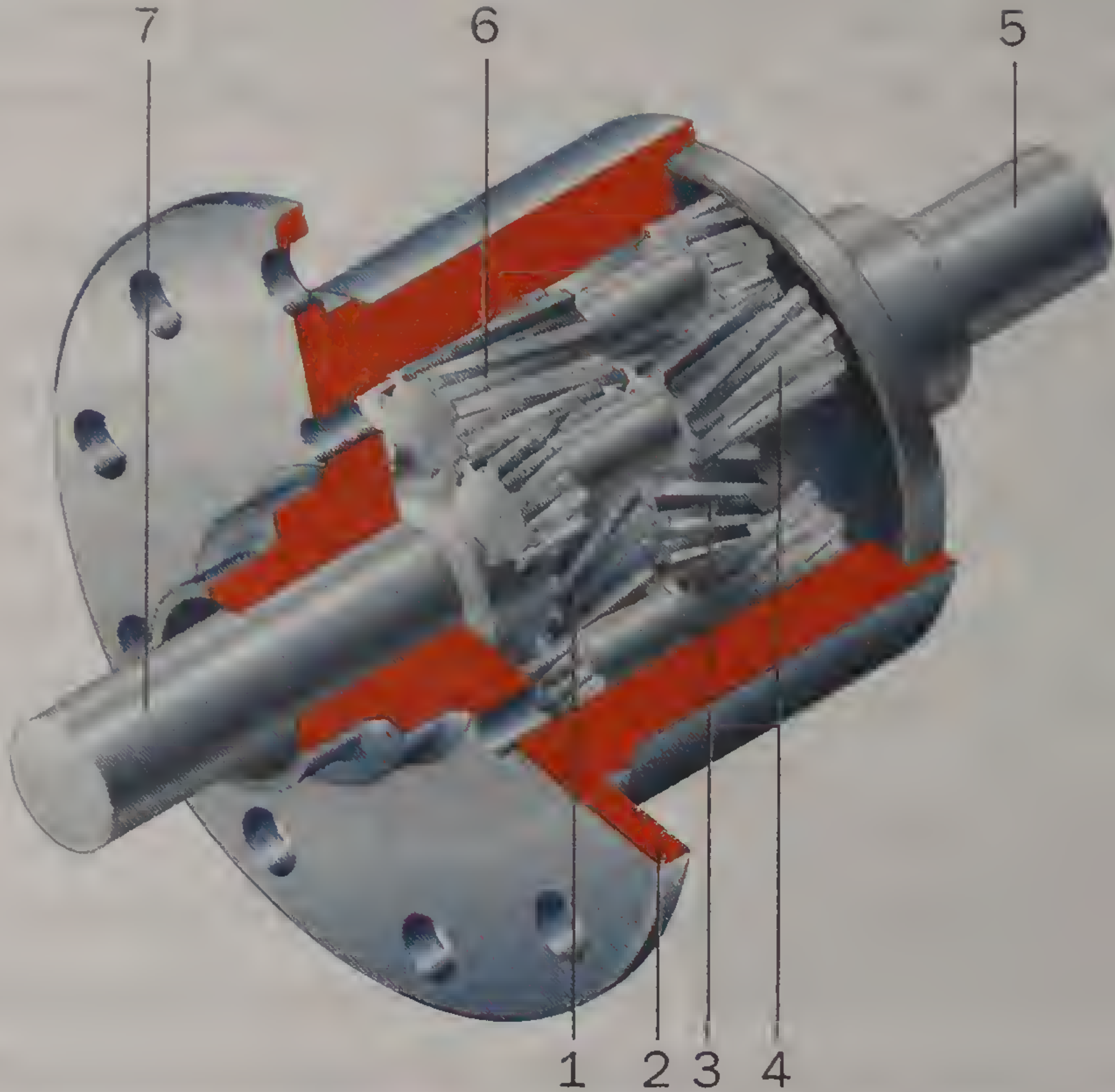
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

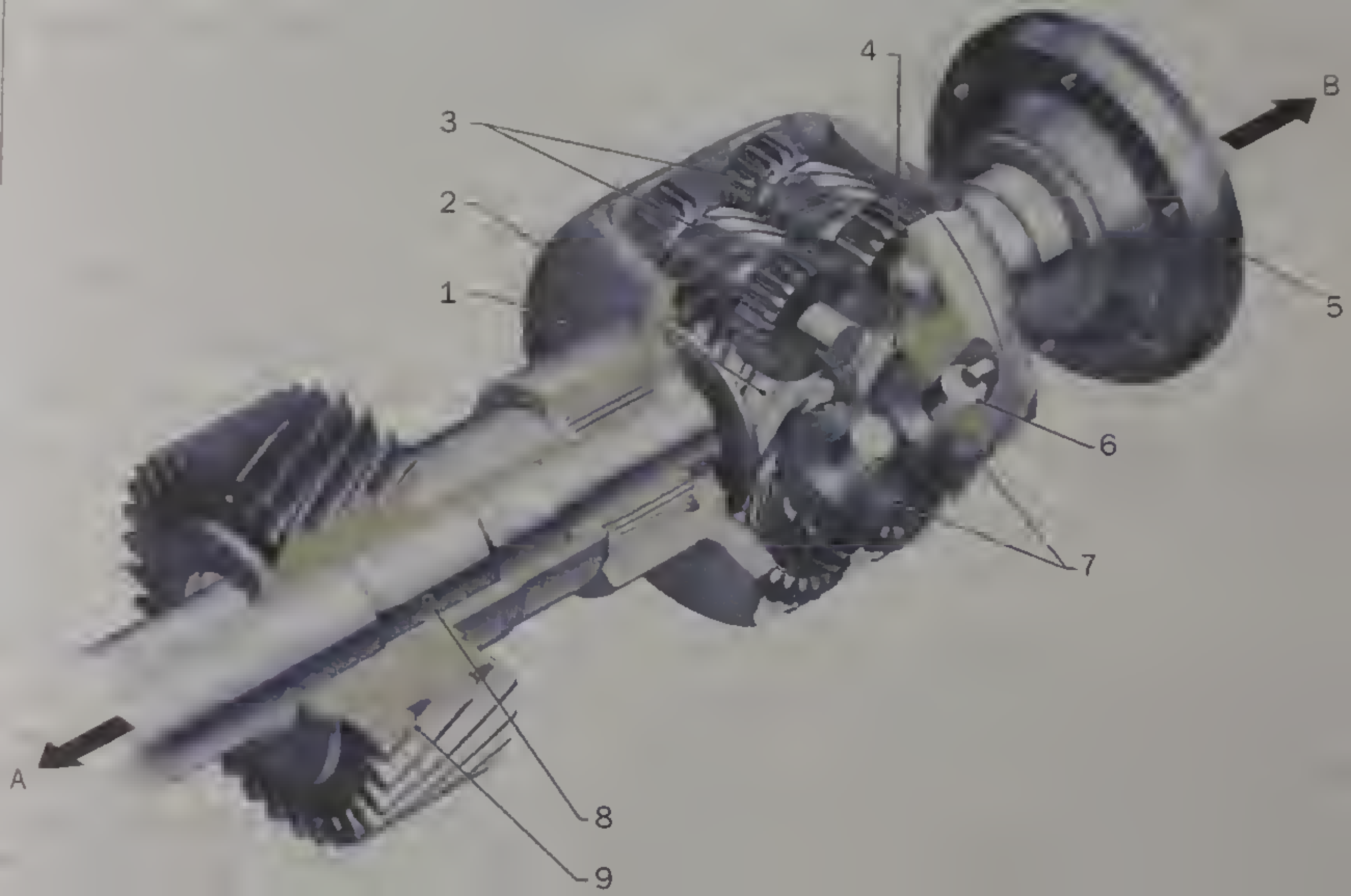


2
1
1
3
1
4


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25


1
2
3
4
5
6

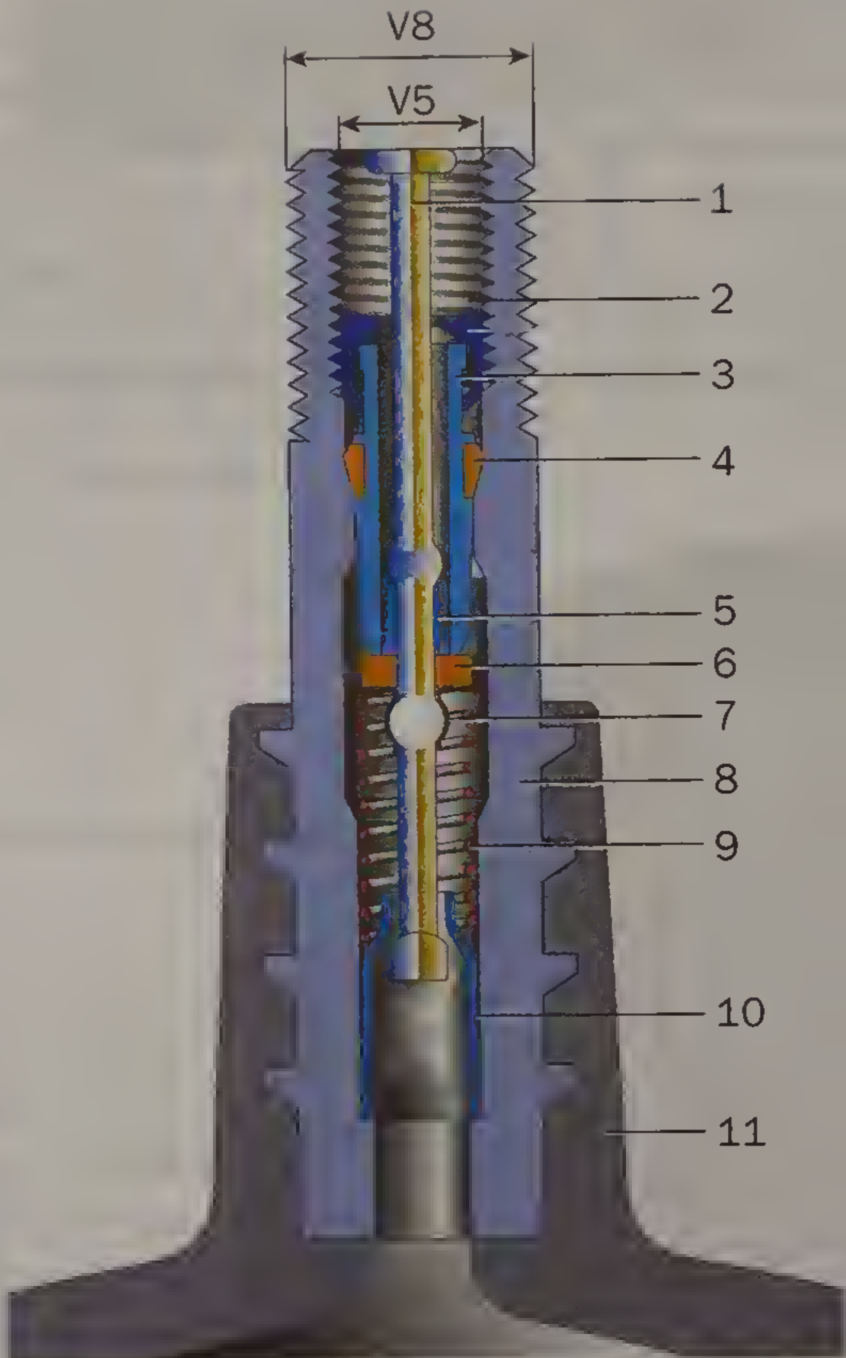

7
6
5
1
2
3
4



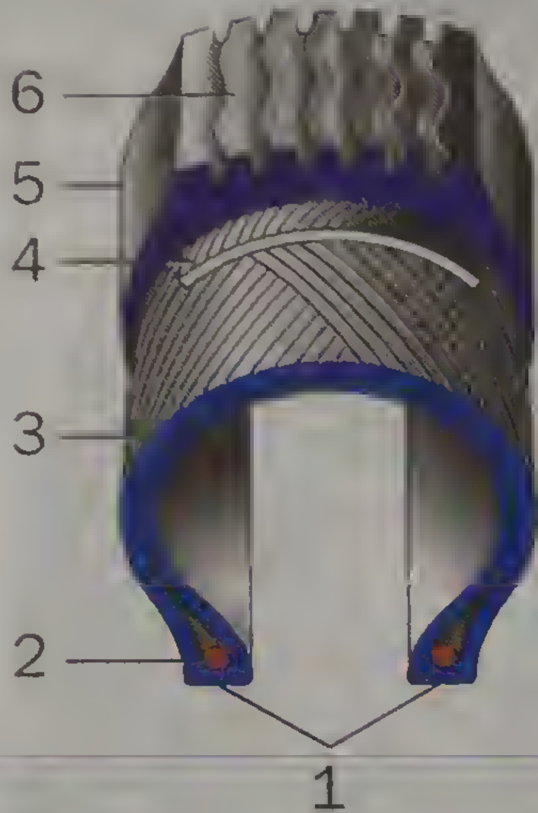
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B

а

б


V8
V5
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

а



б



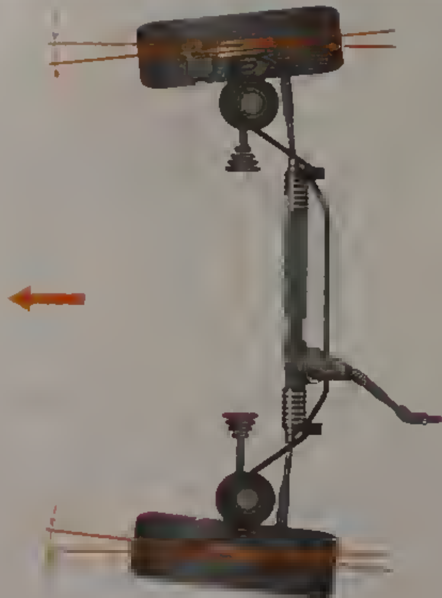
5
1
2
3
4

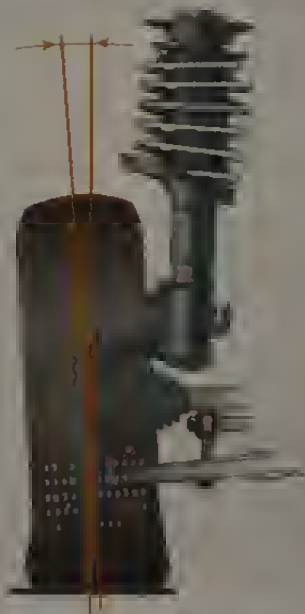


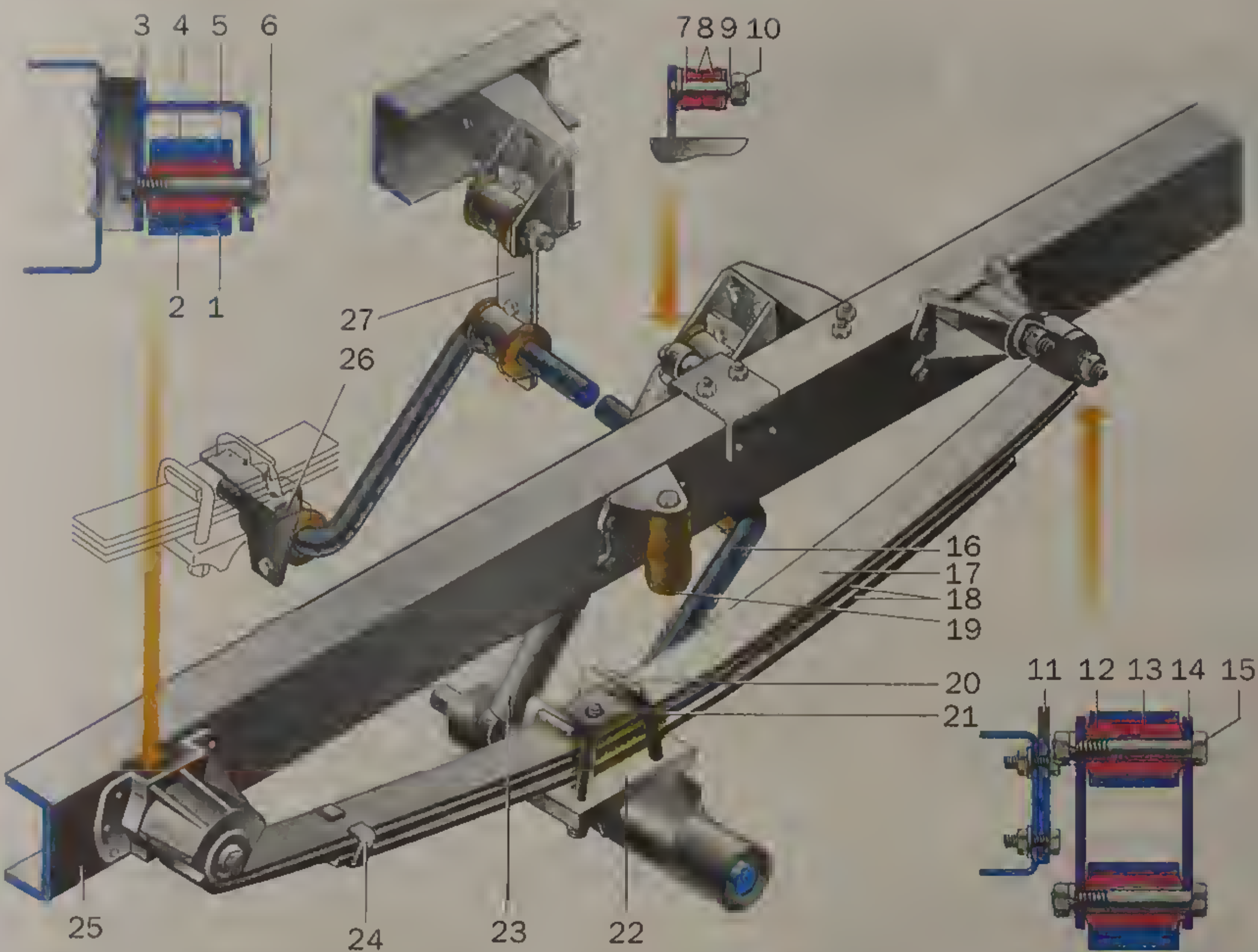
а



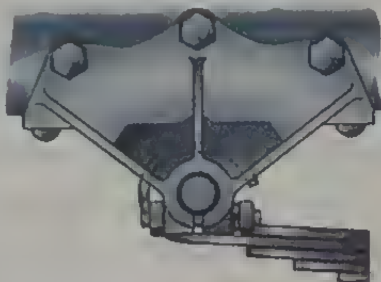
б

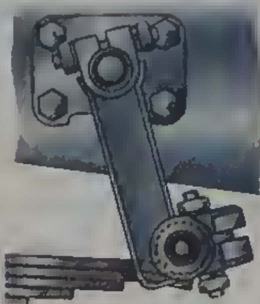

а


б

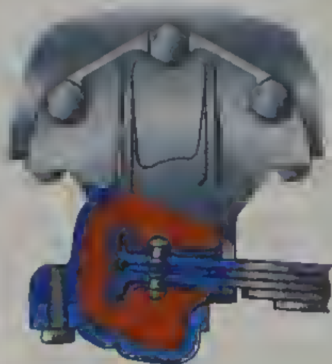

3 4 5 6
2 1
7 8 9 10
27
26
16
17
18
19
20
21
11 12 13 14 15
25
24
23
22

а



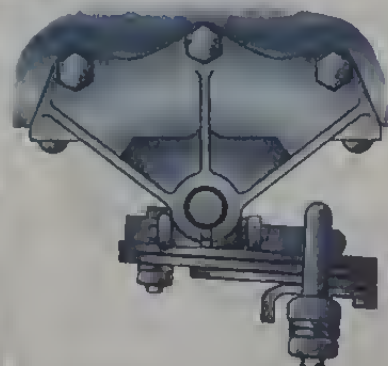


б



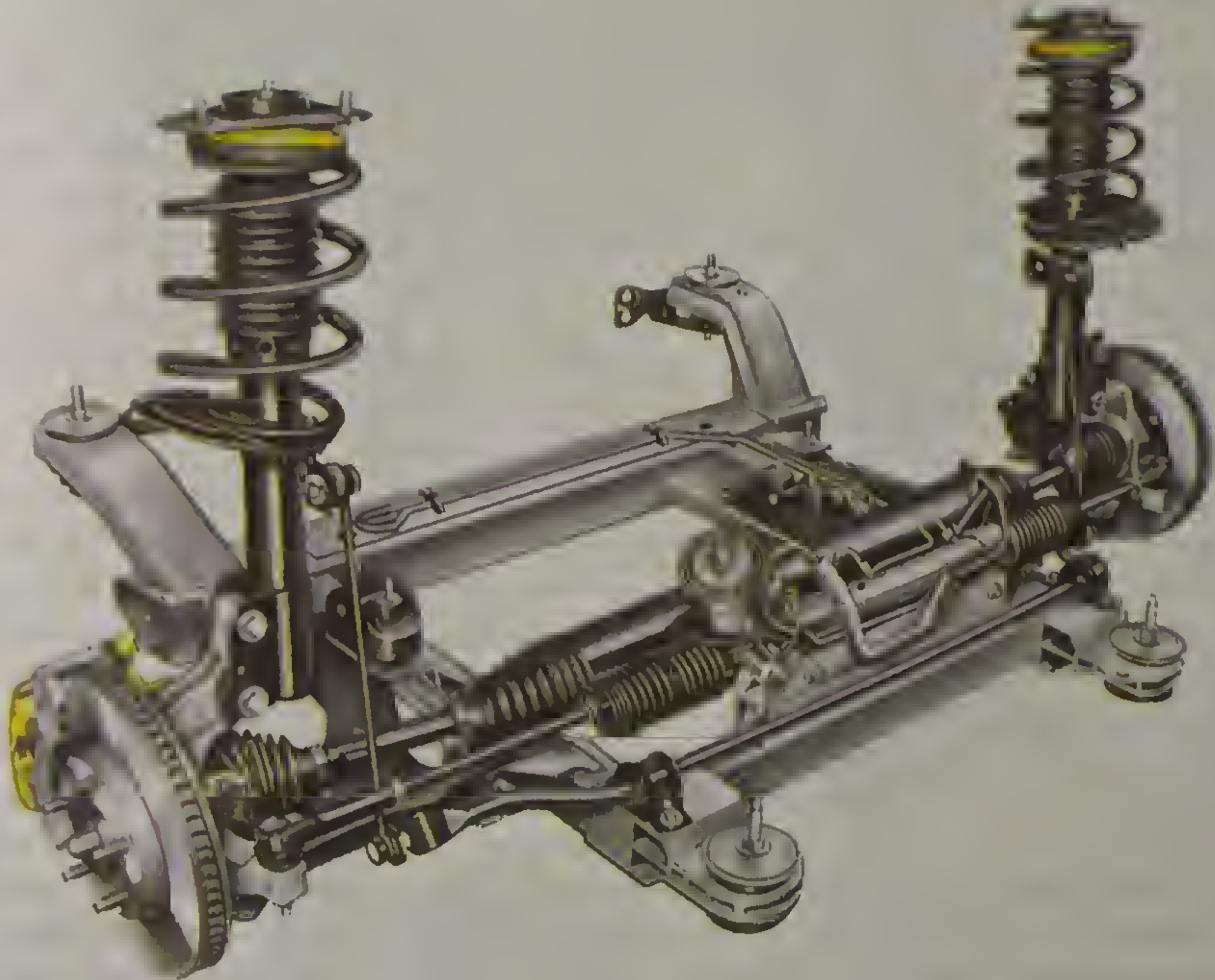


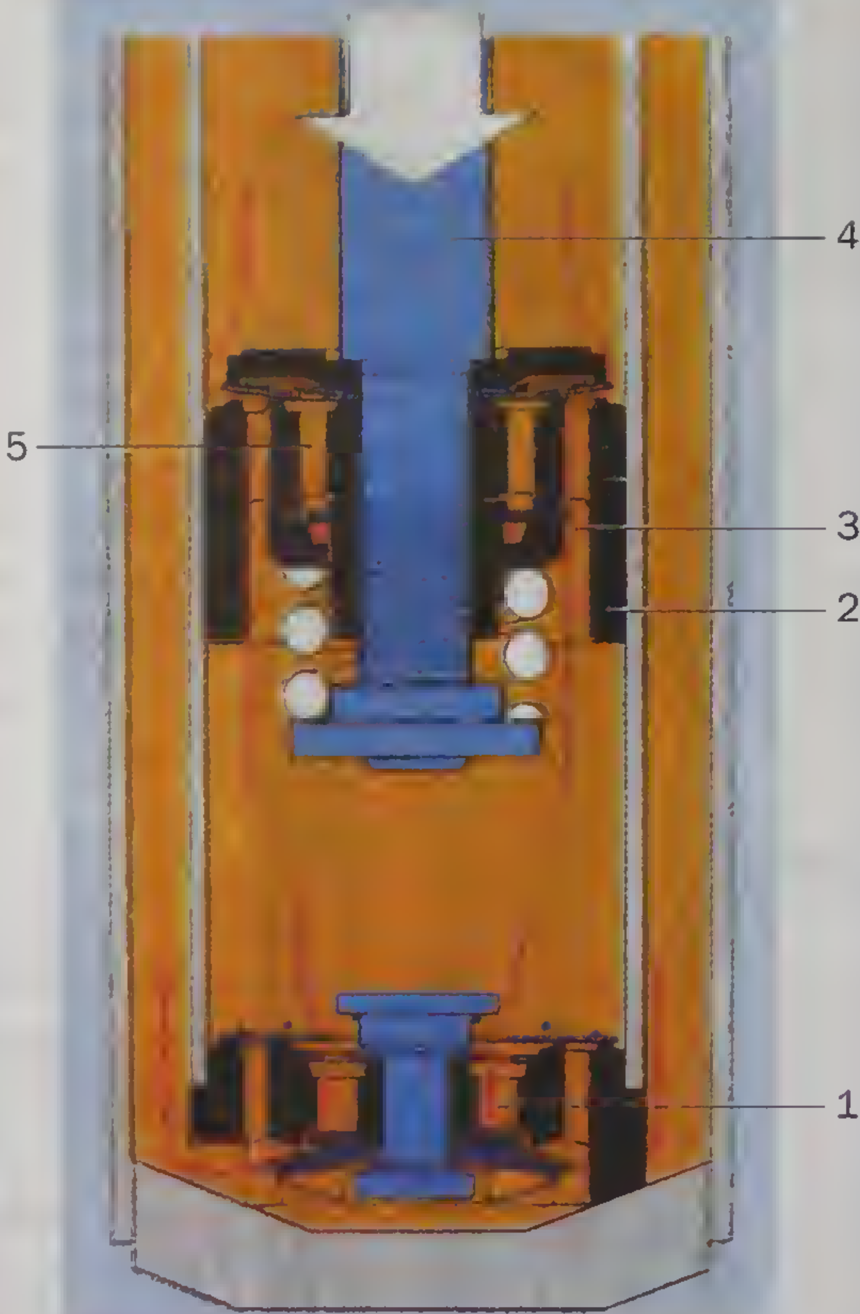
в

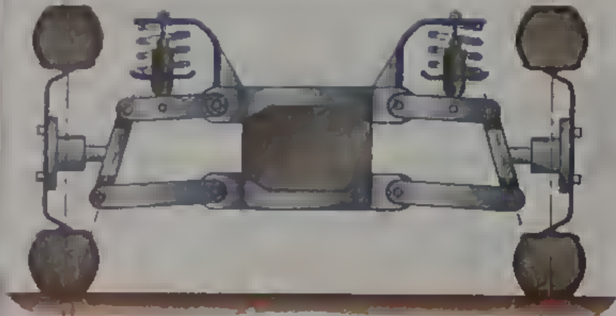


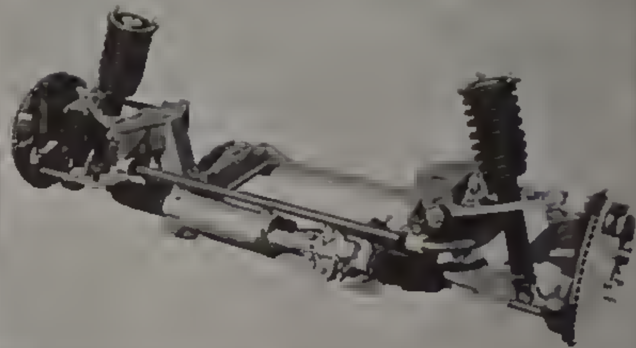


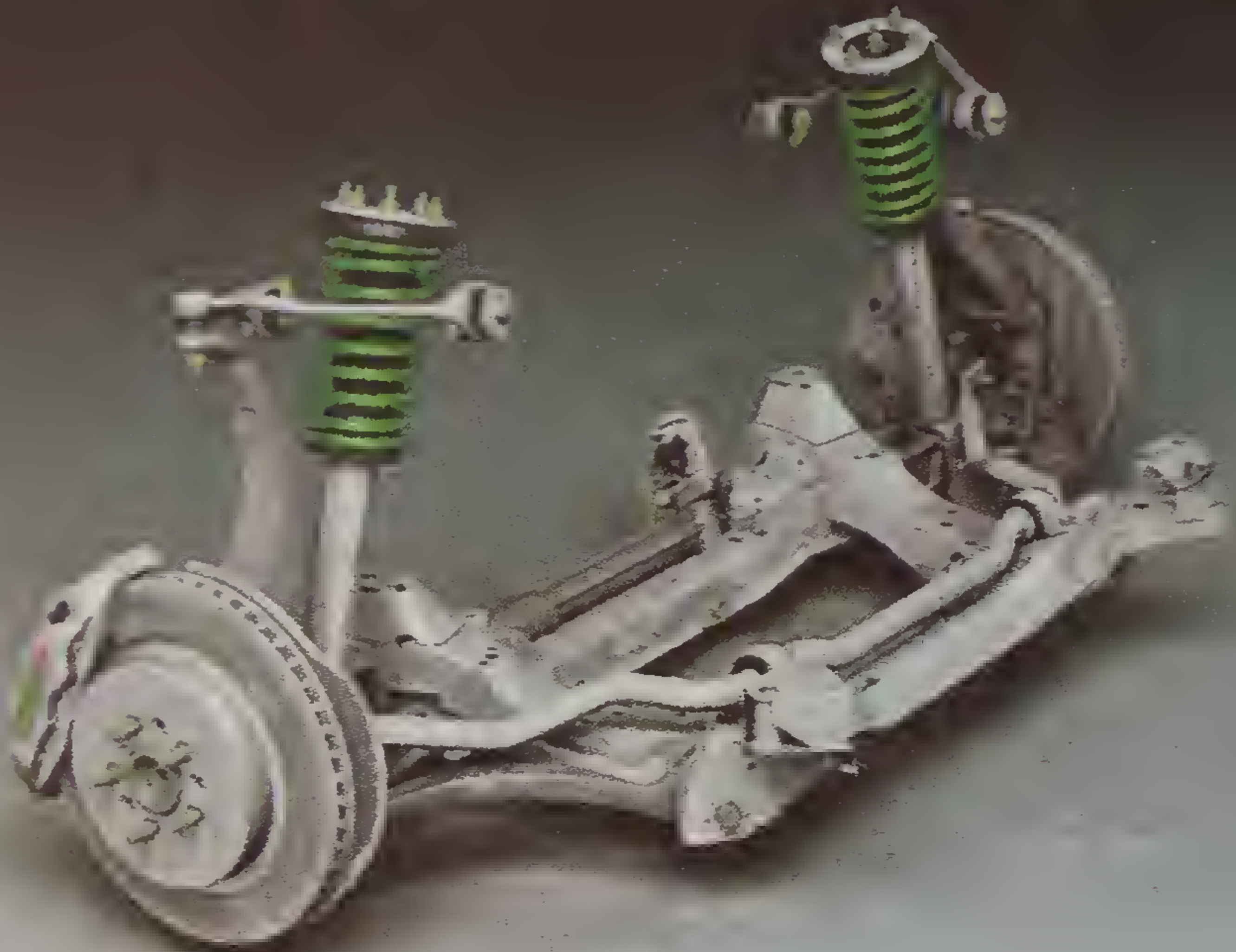


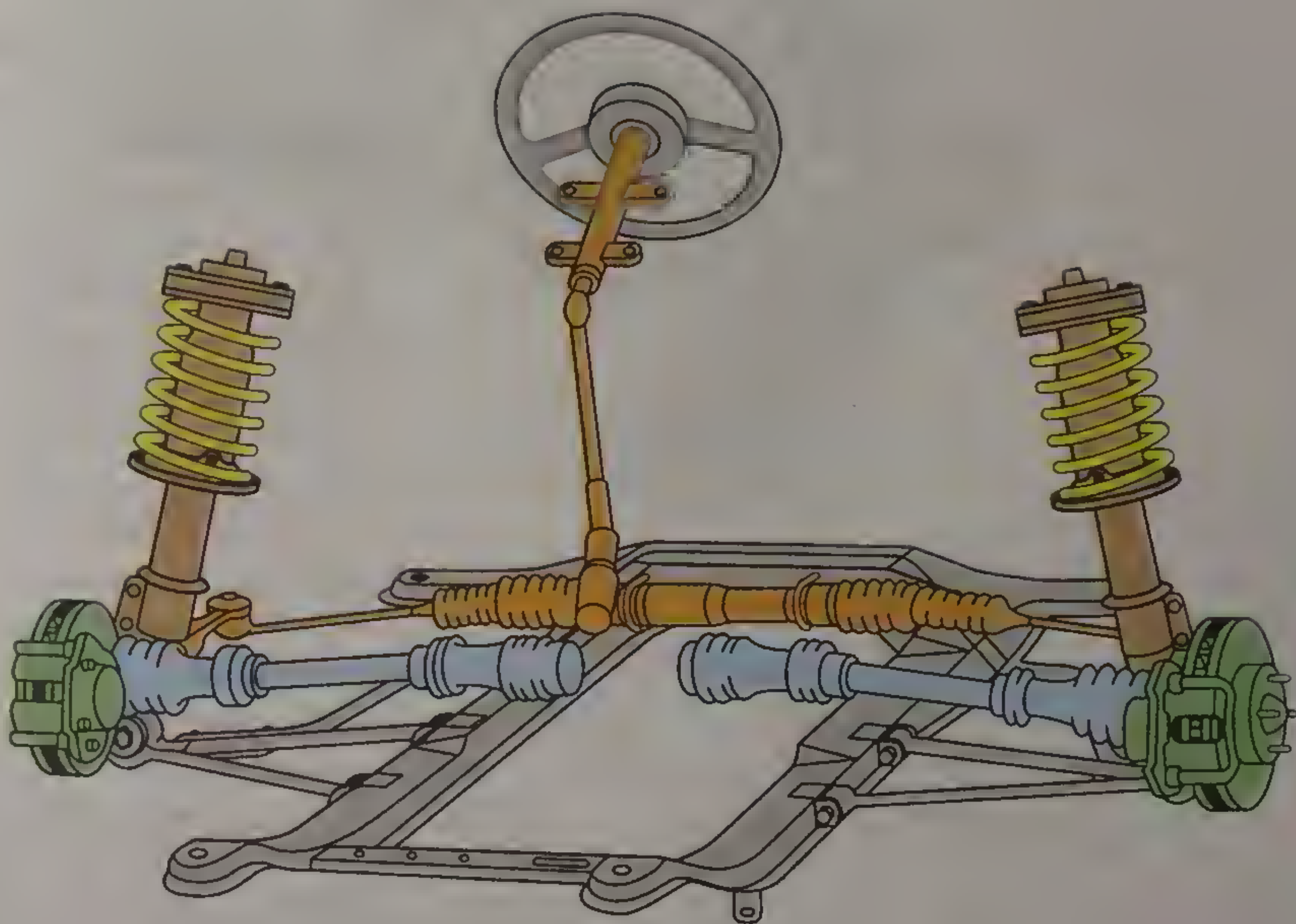


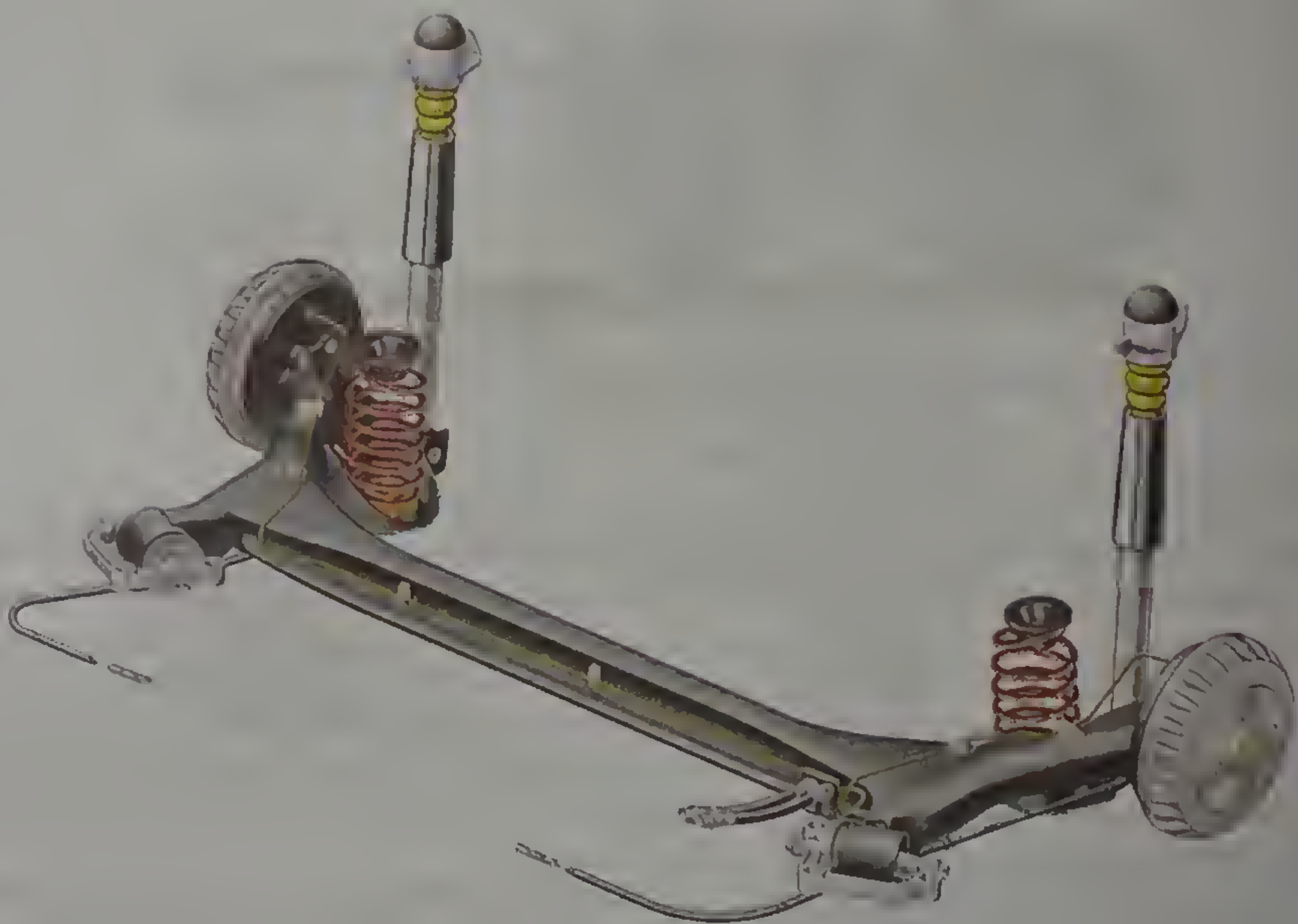

4
5
3
2
1

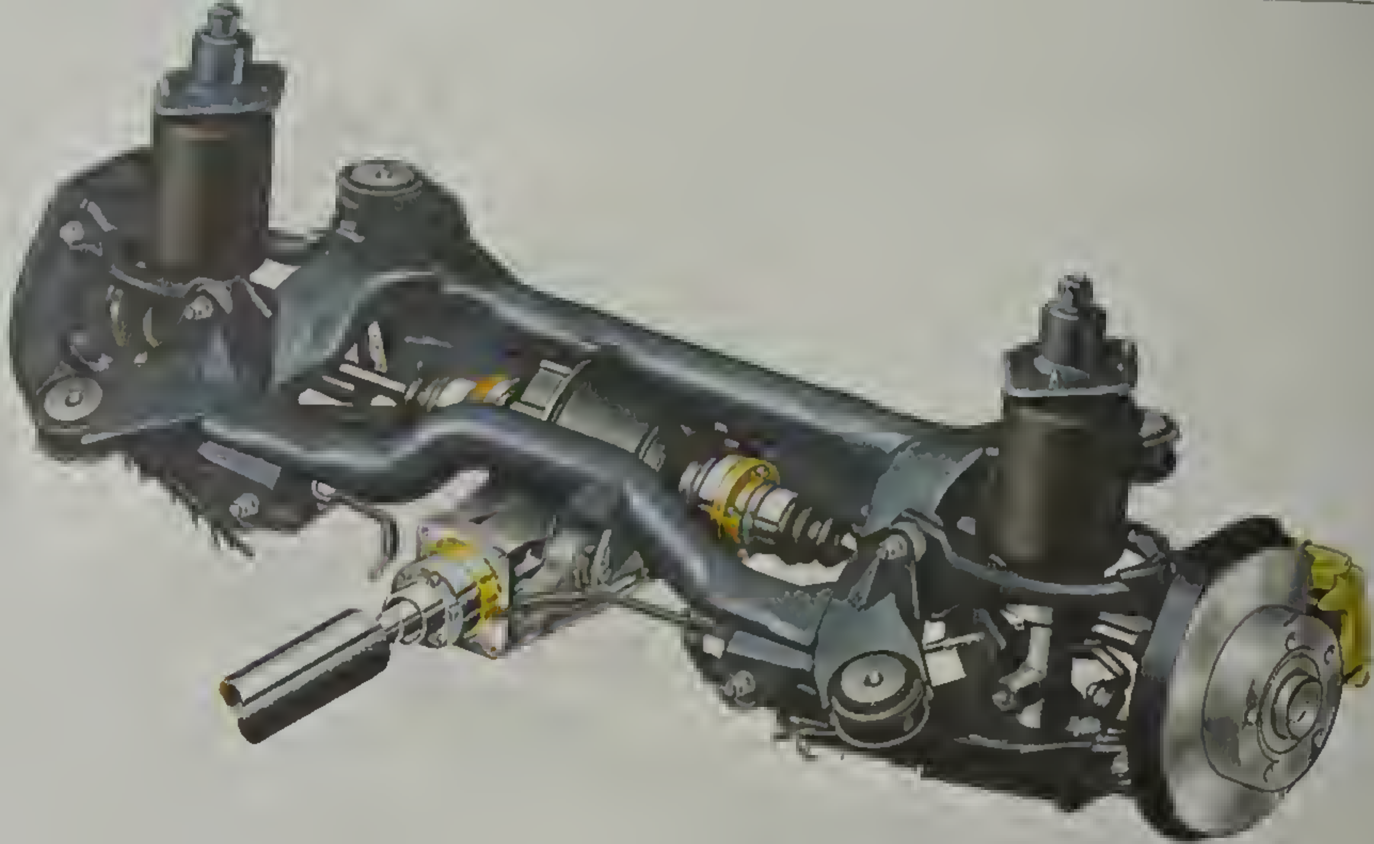

Положительное плечо обкатки

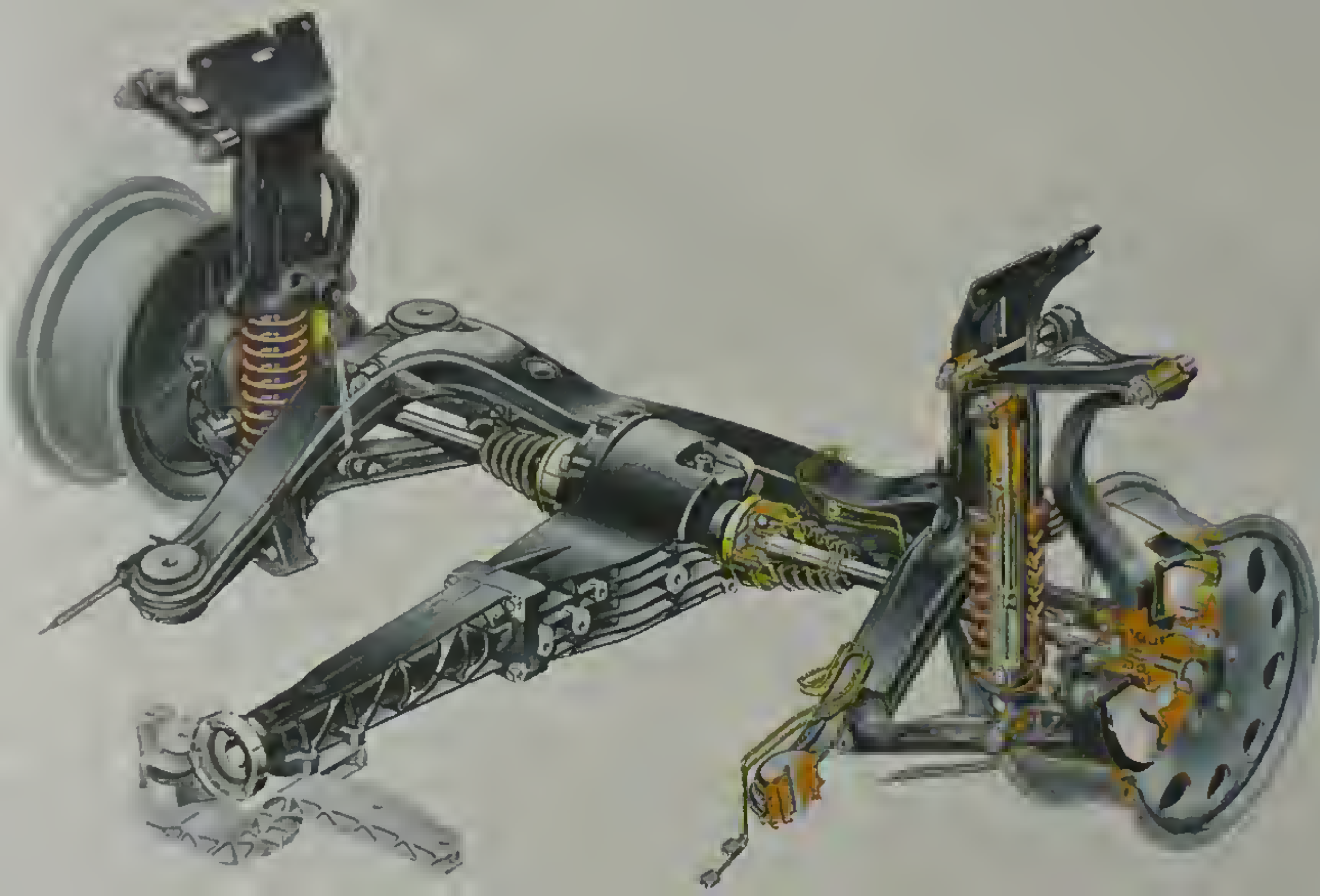


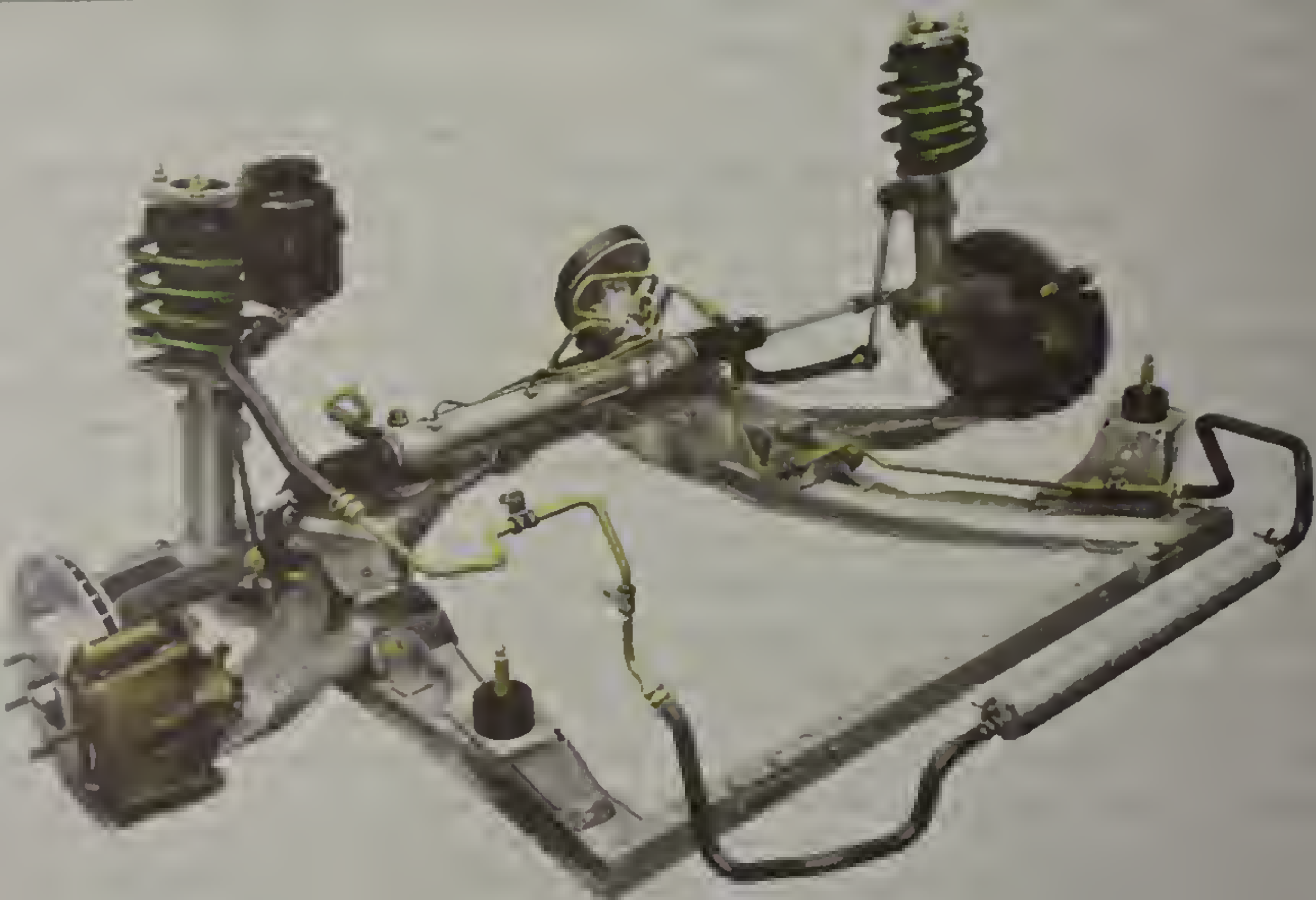


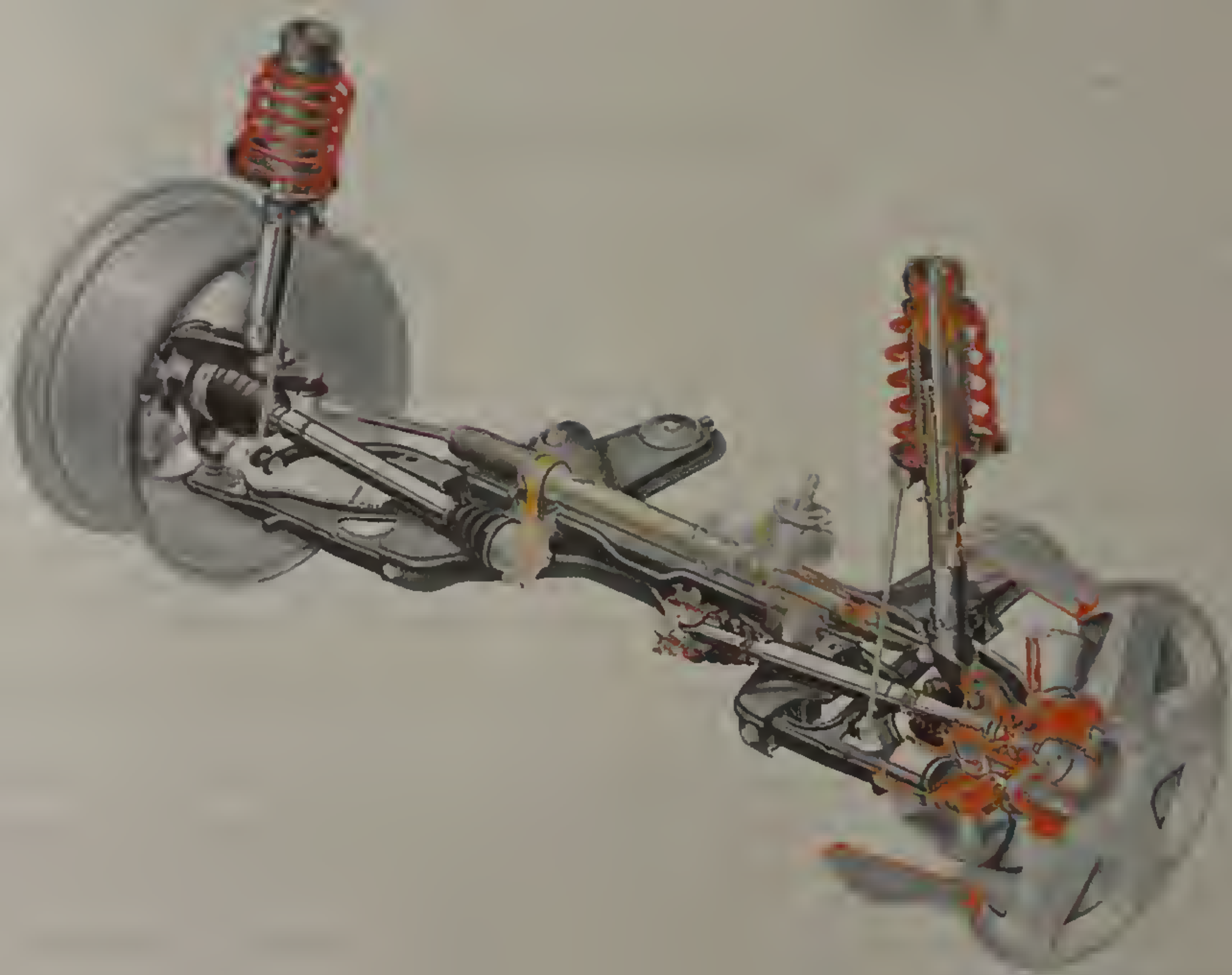








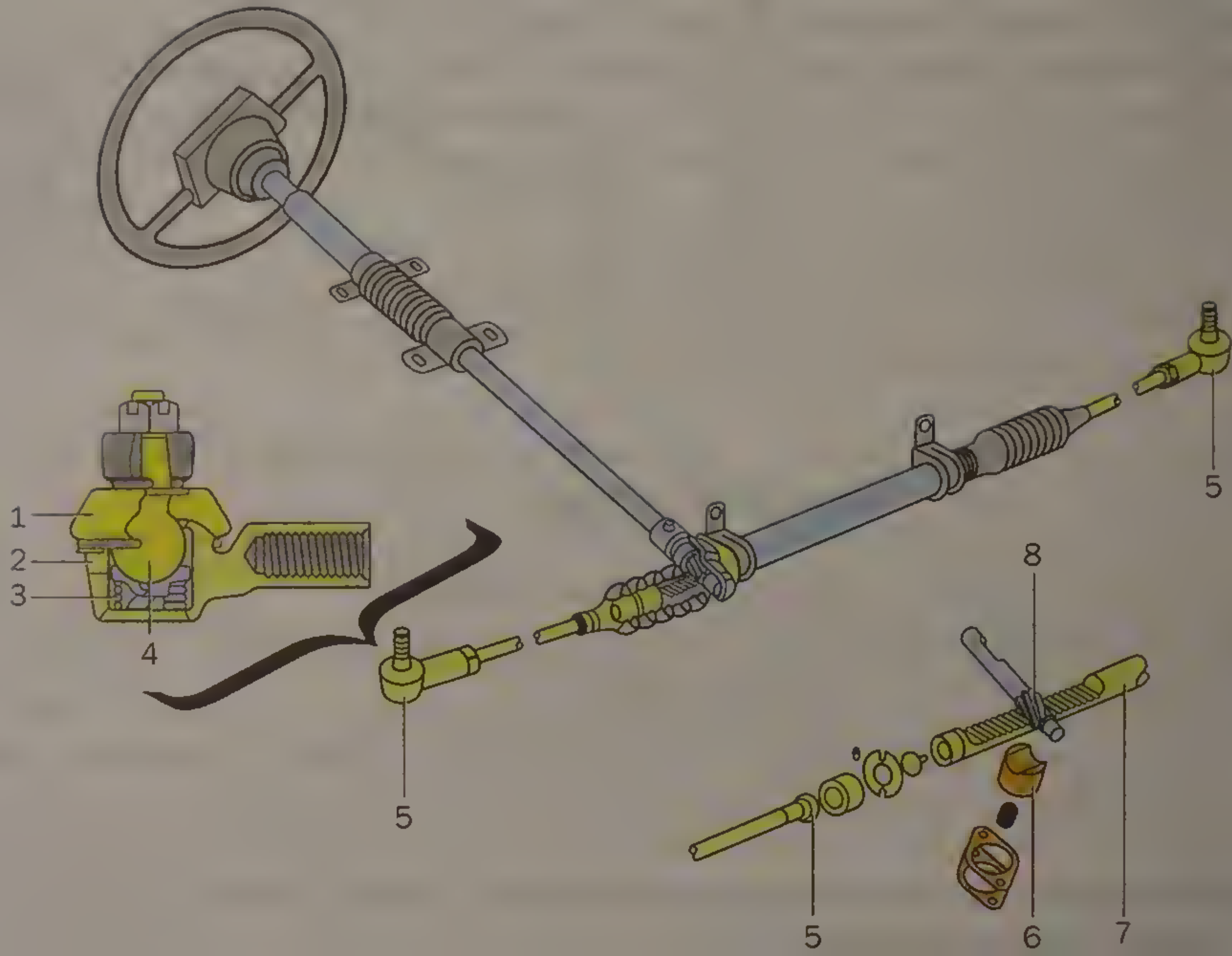


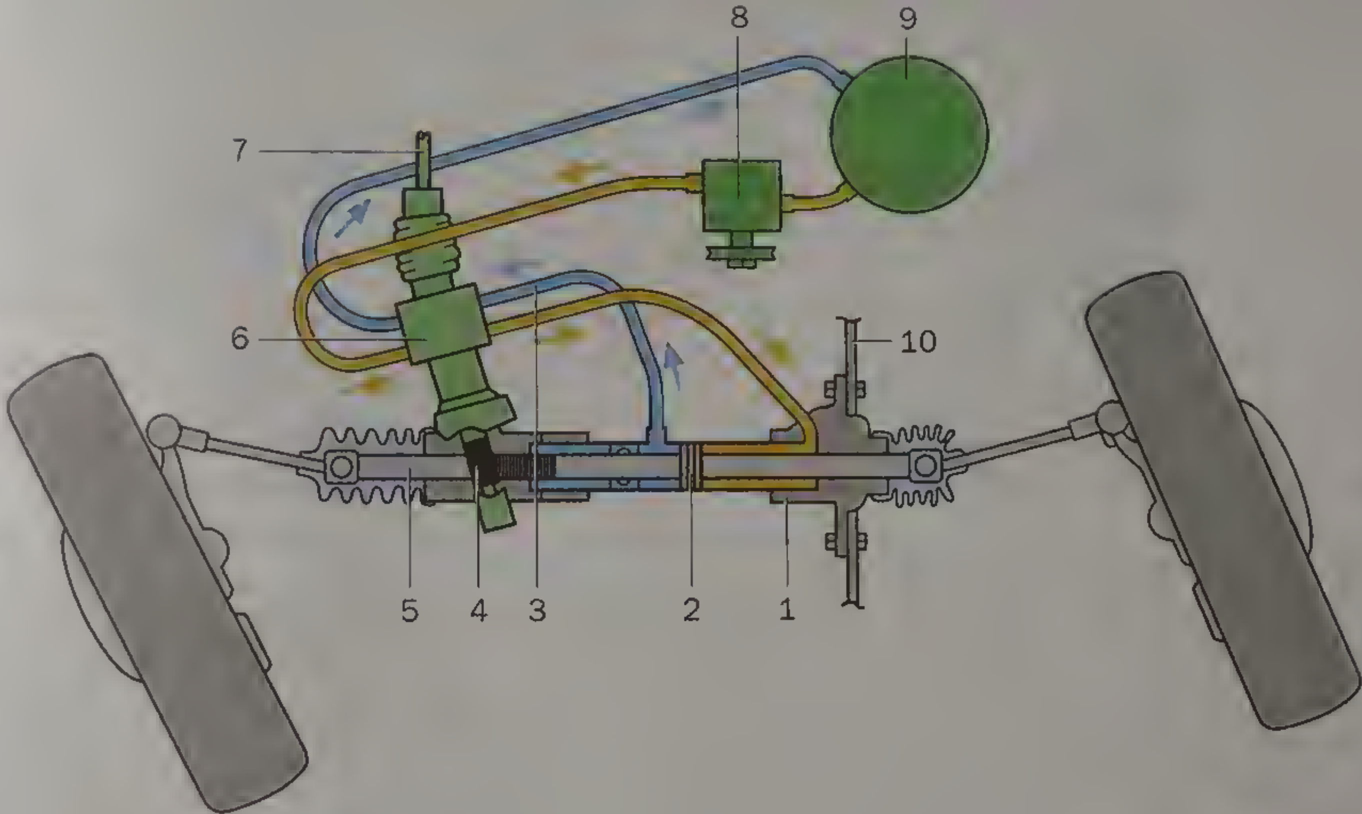


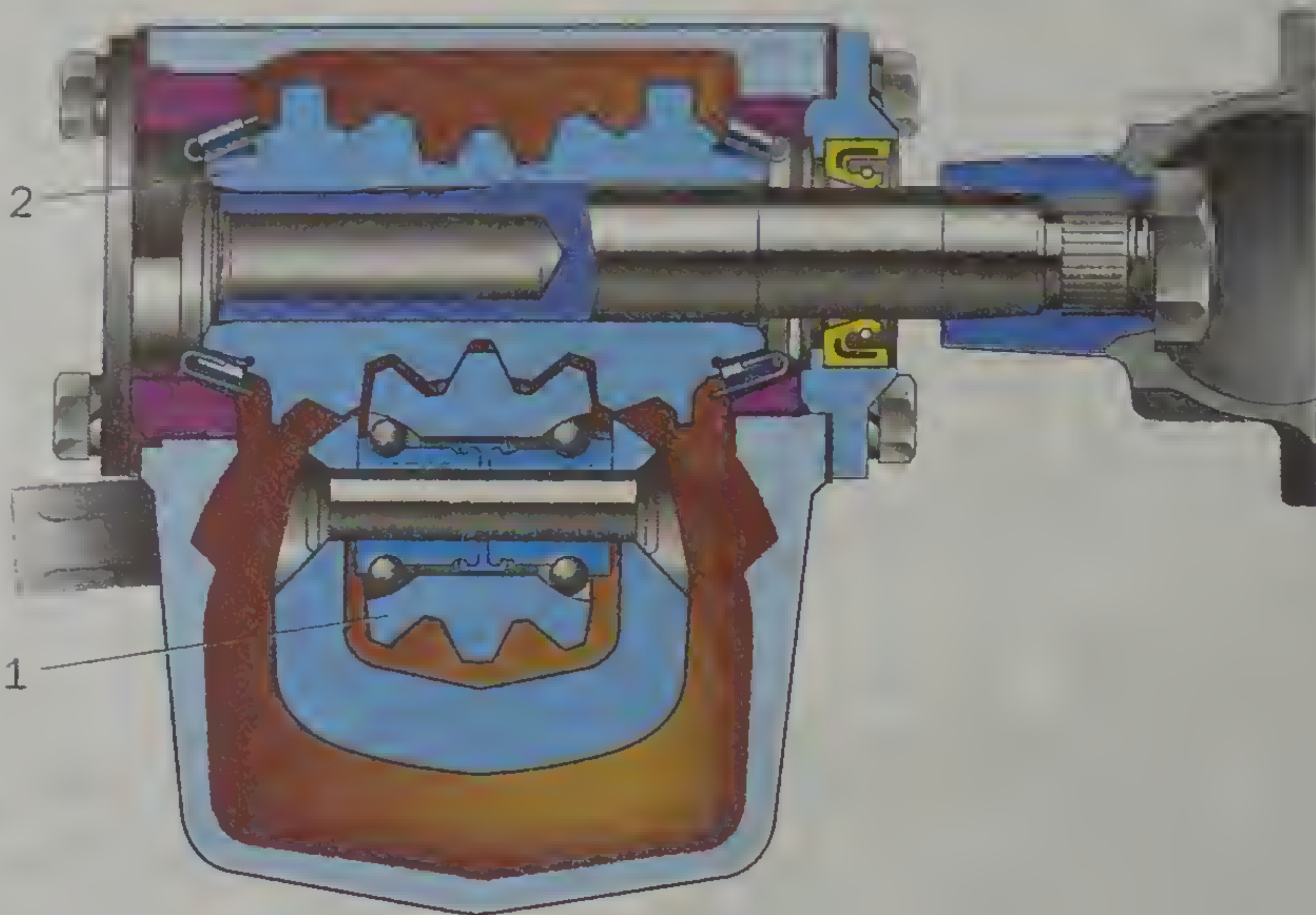

1

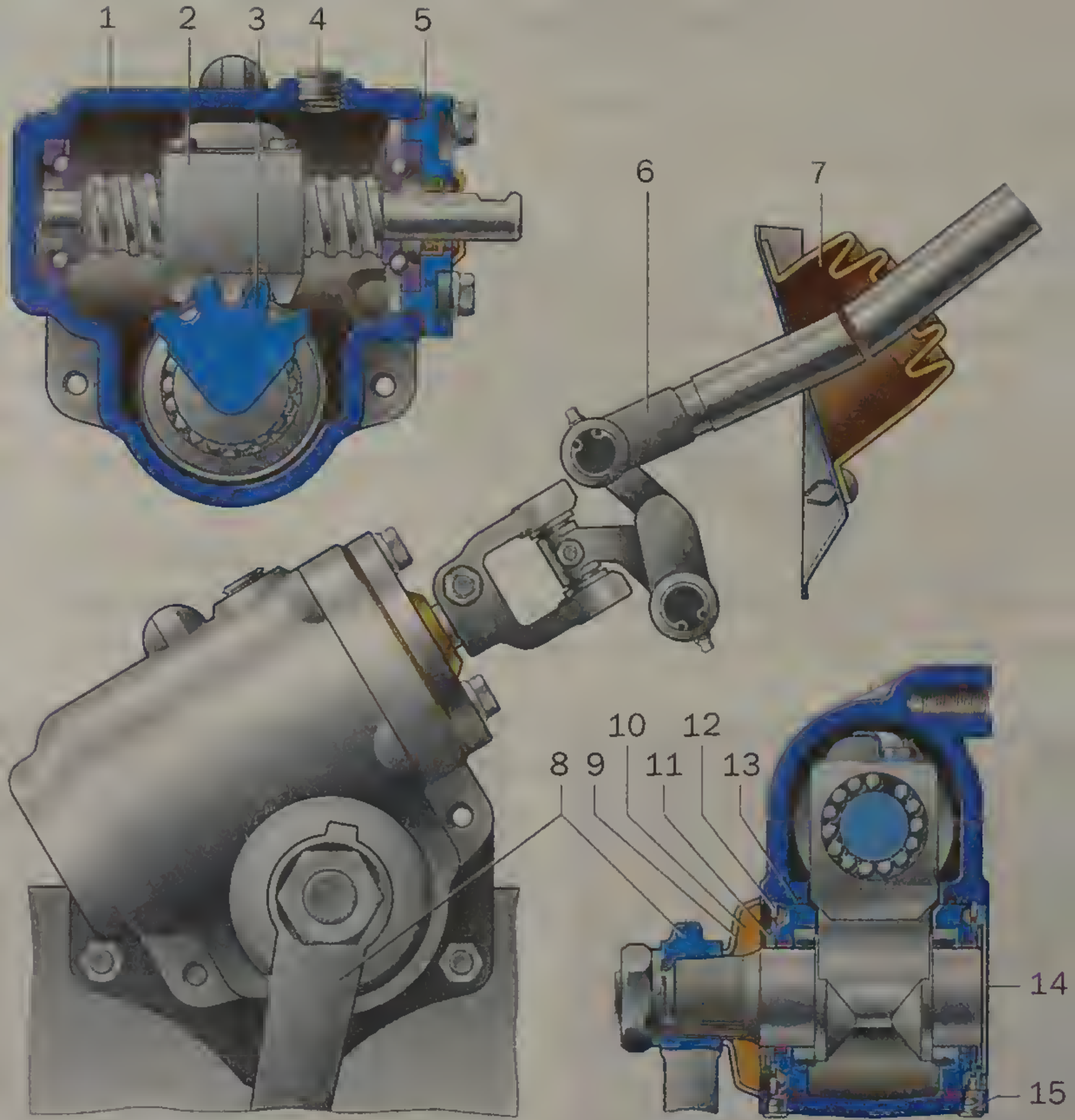

2


3
4


1
2
3
4
5
5
8
5
6
7


8
9
7
6
10
5
4
3
2
1


2
1


1
2
3
4
5
6
7
10
12
8
9
11
13
14
15

3 4 5 6 7 8 9 10 A-A

A

11 12 13 14

2

1

15

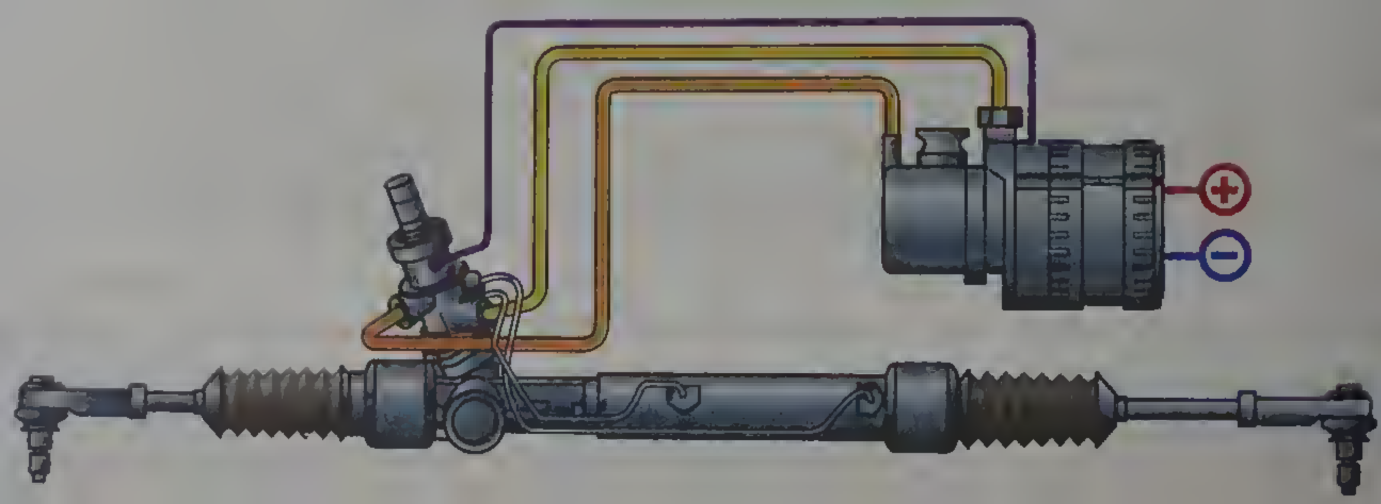
16

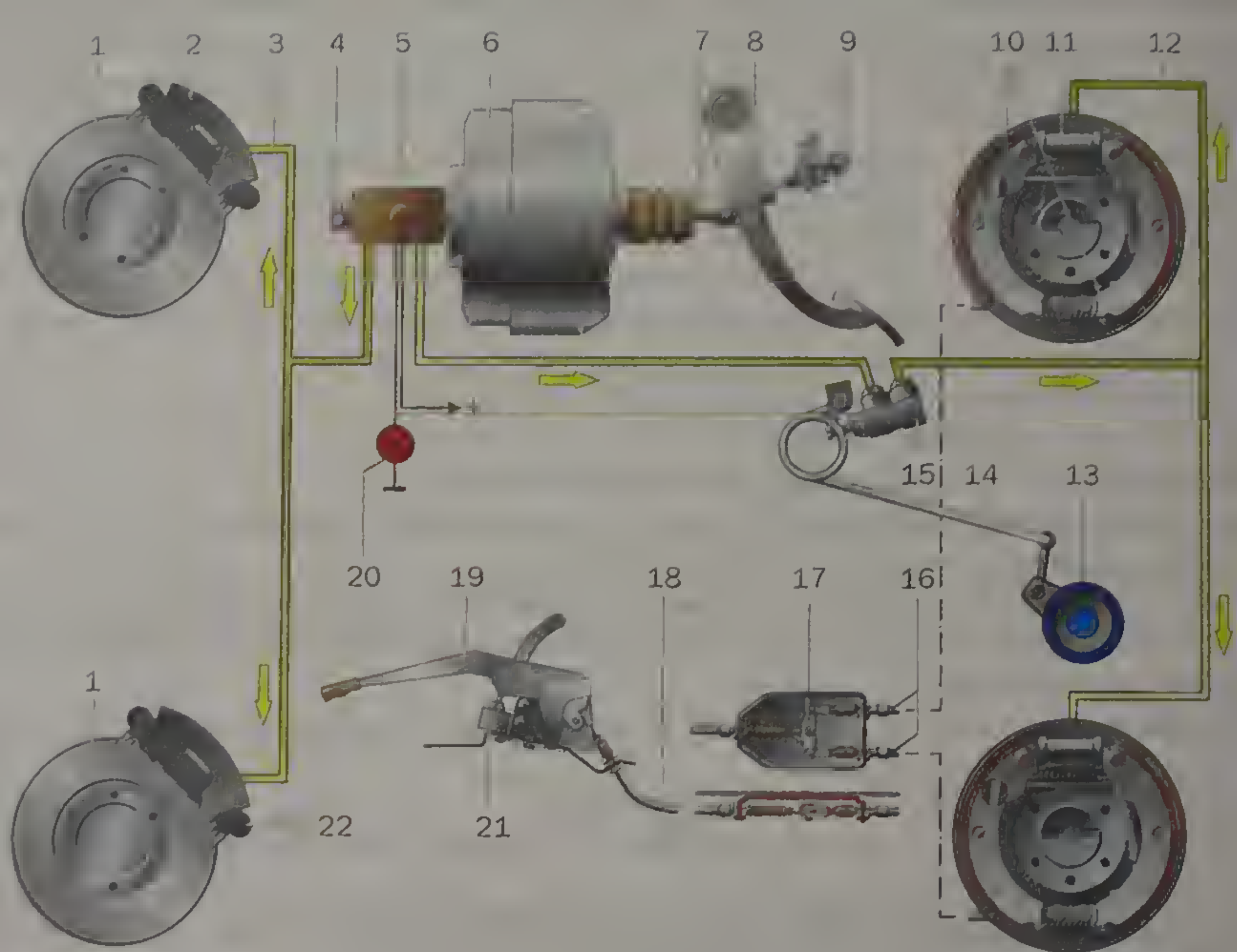
A

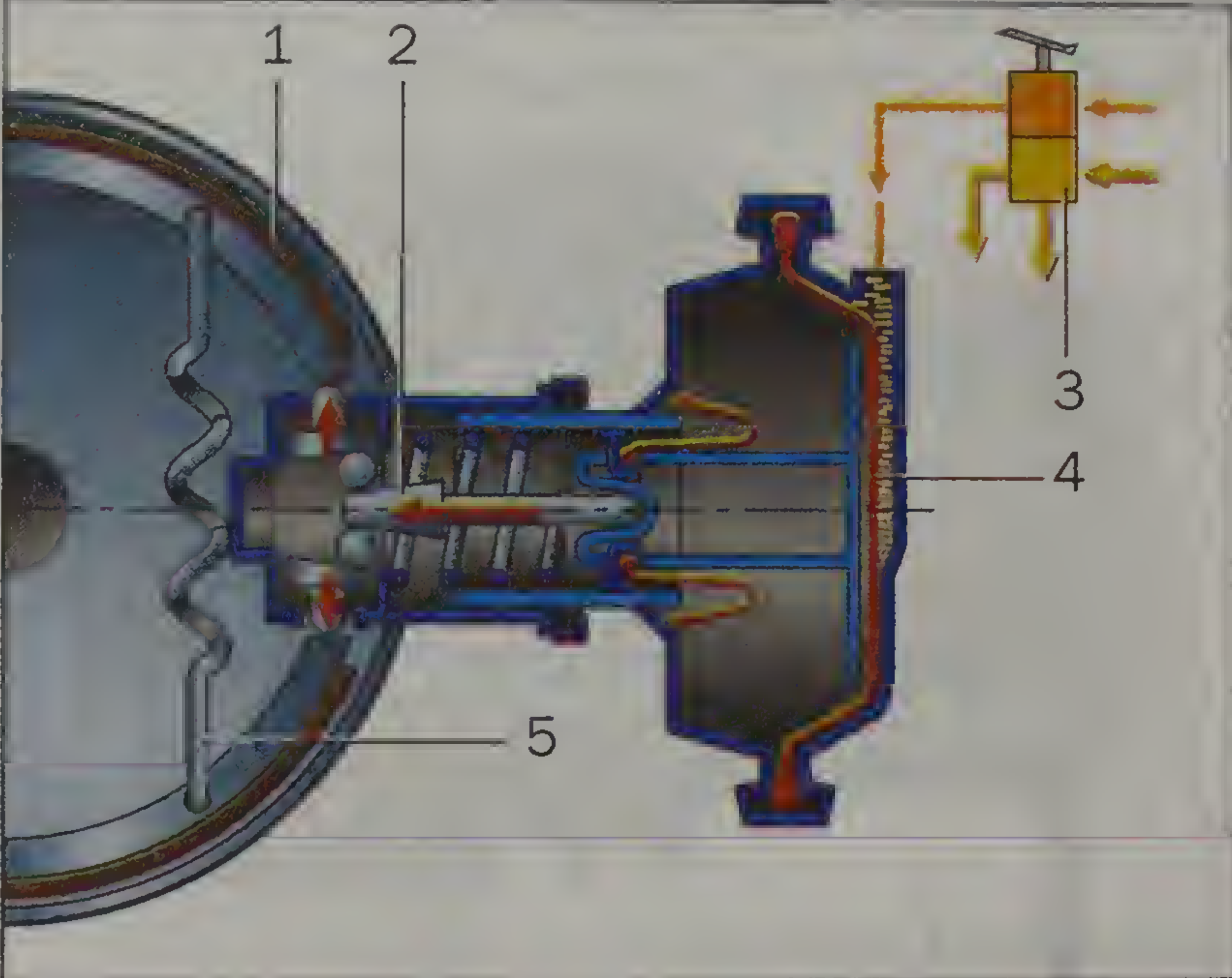
17

18

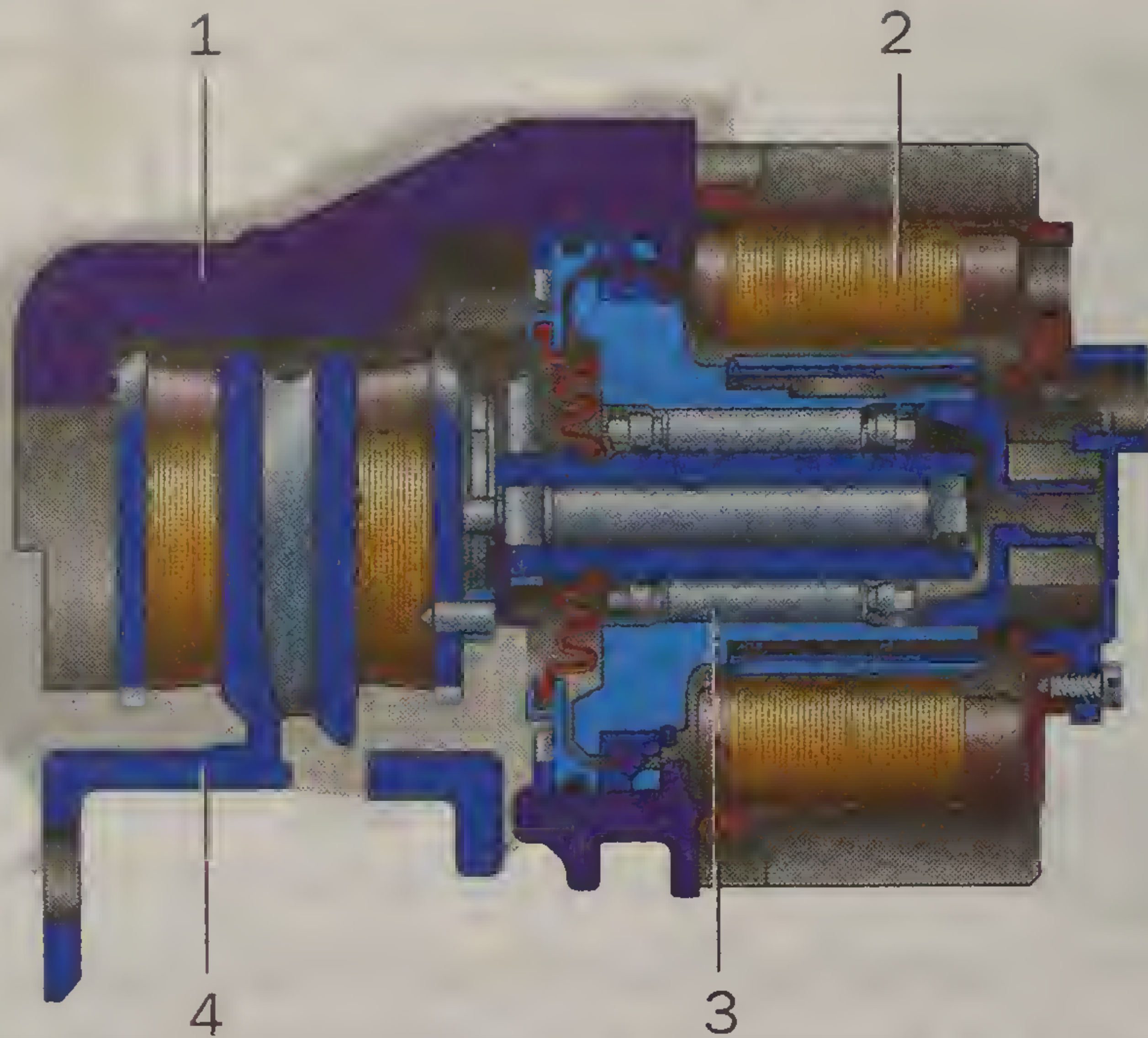


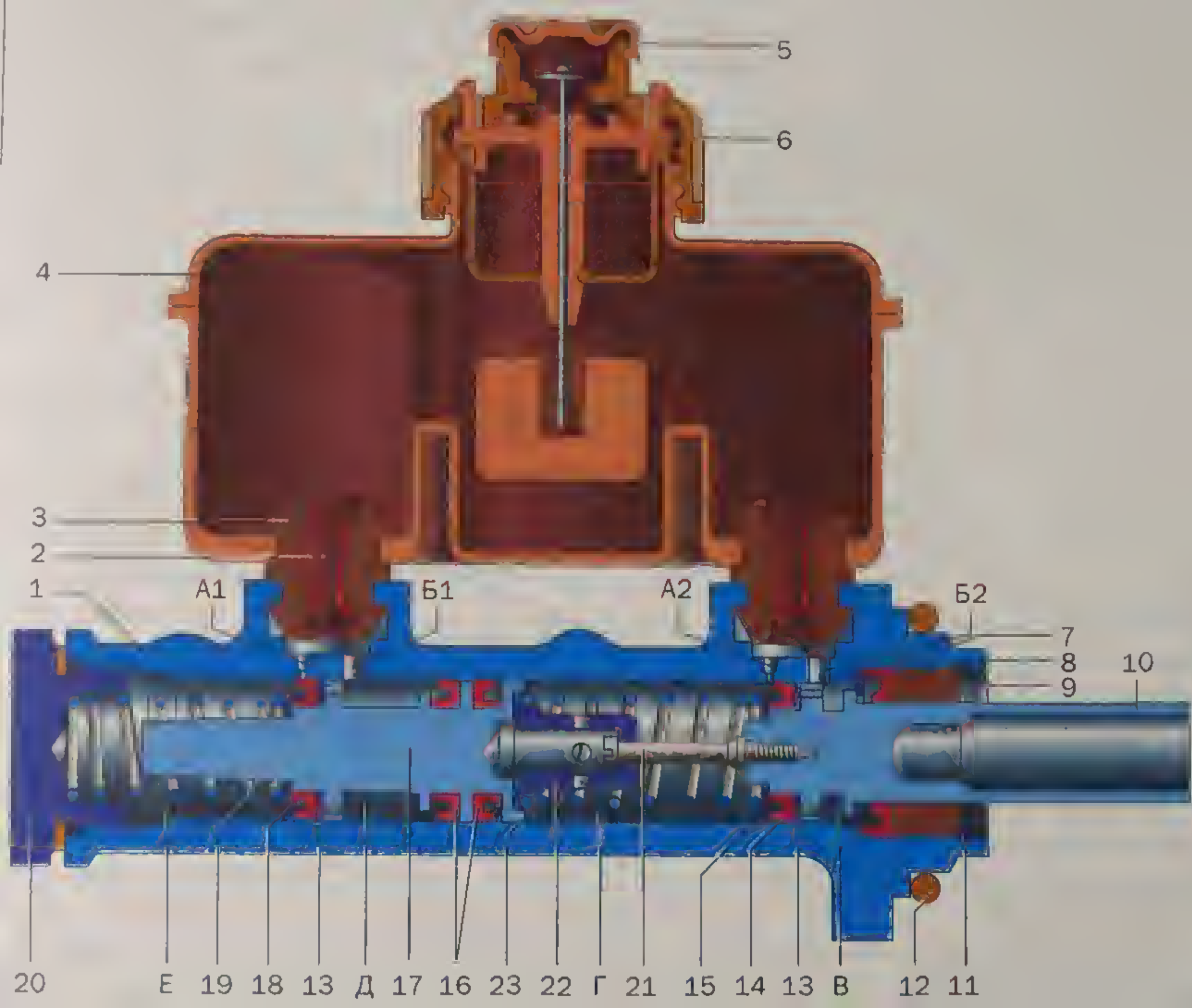


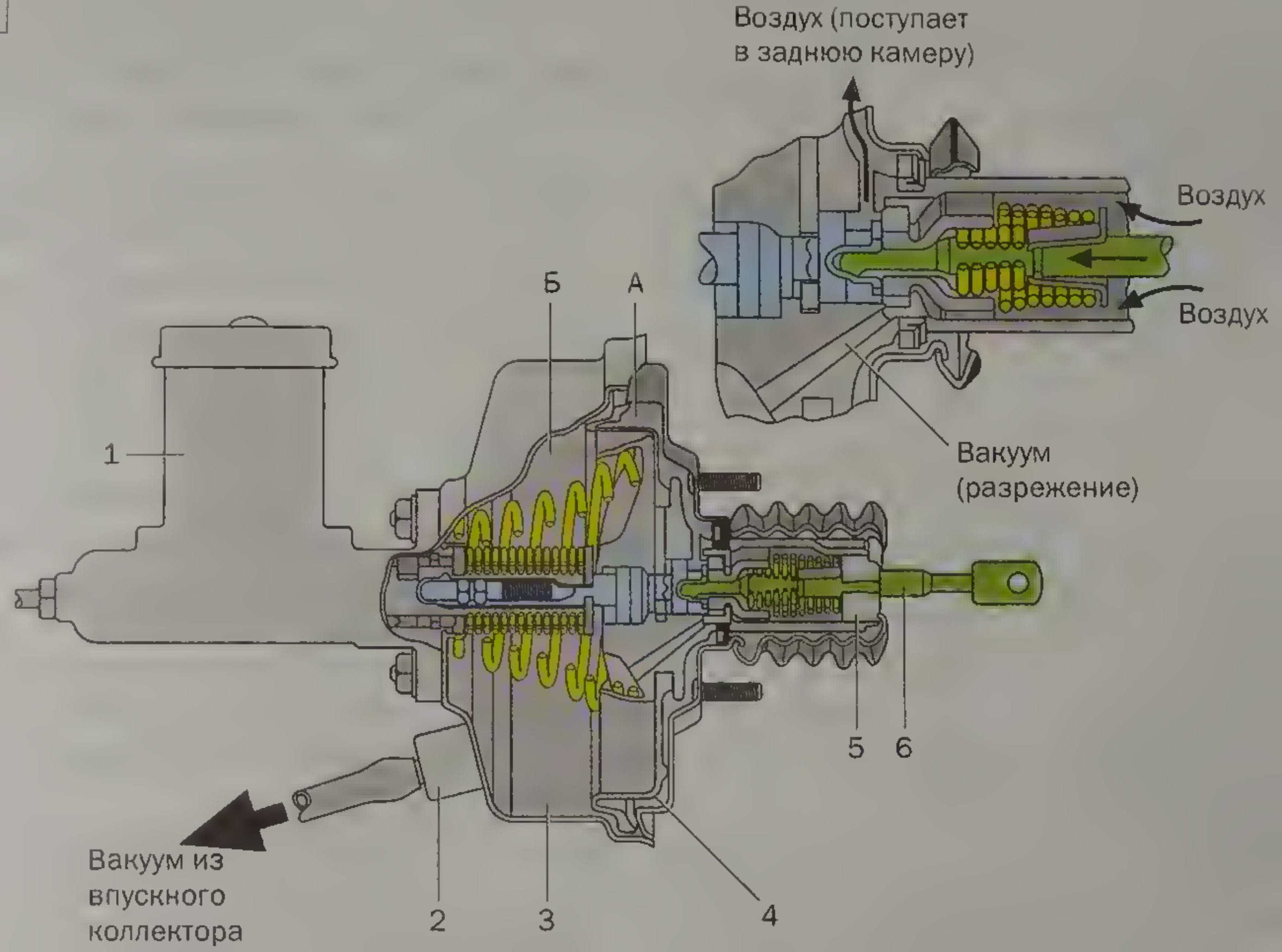

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
1

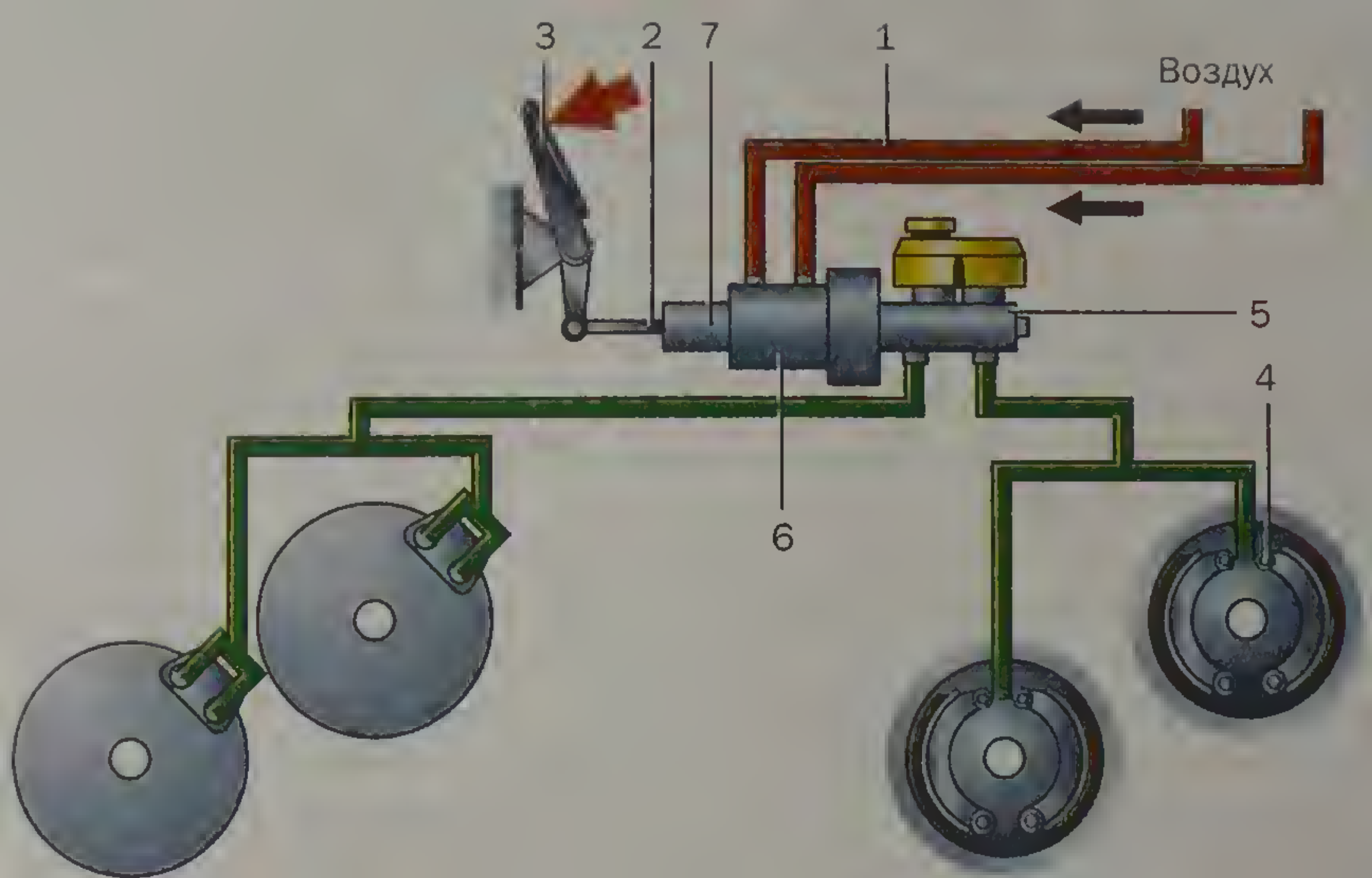


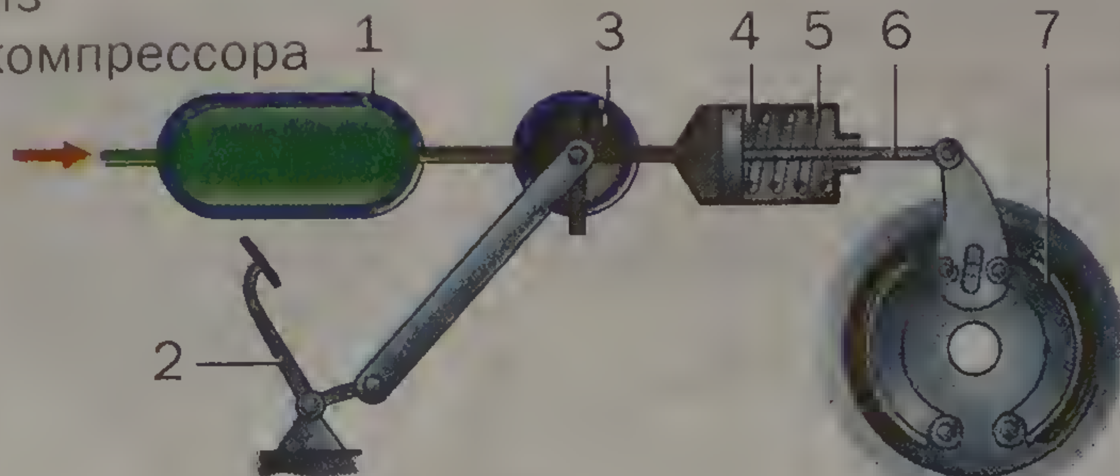
1
2
3
4
5

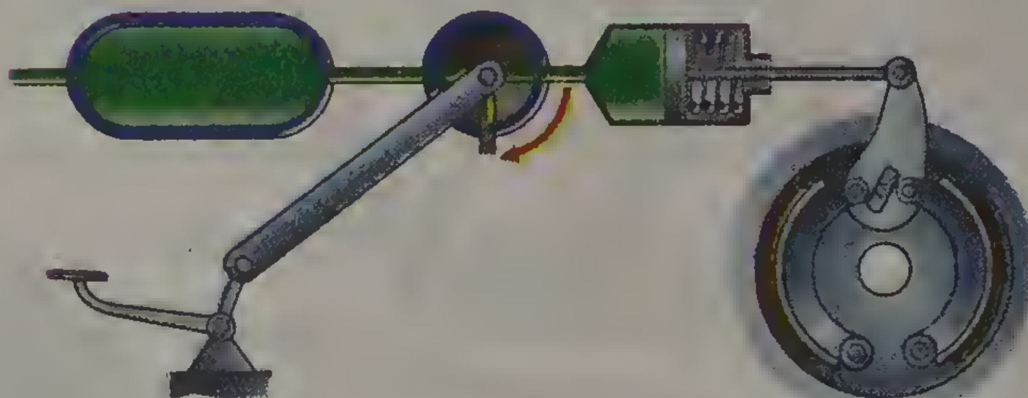

1
2
3
4

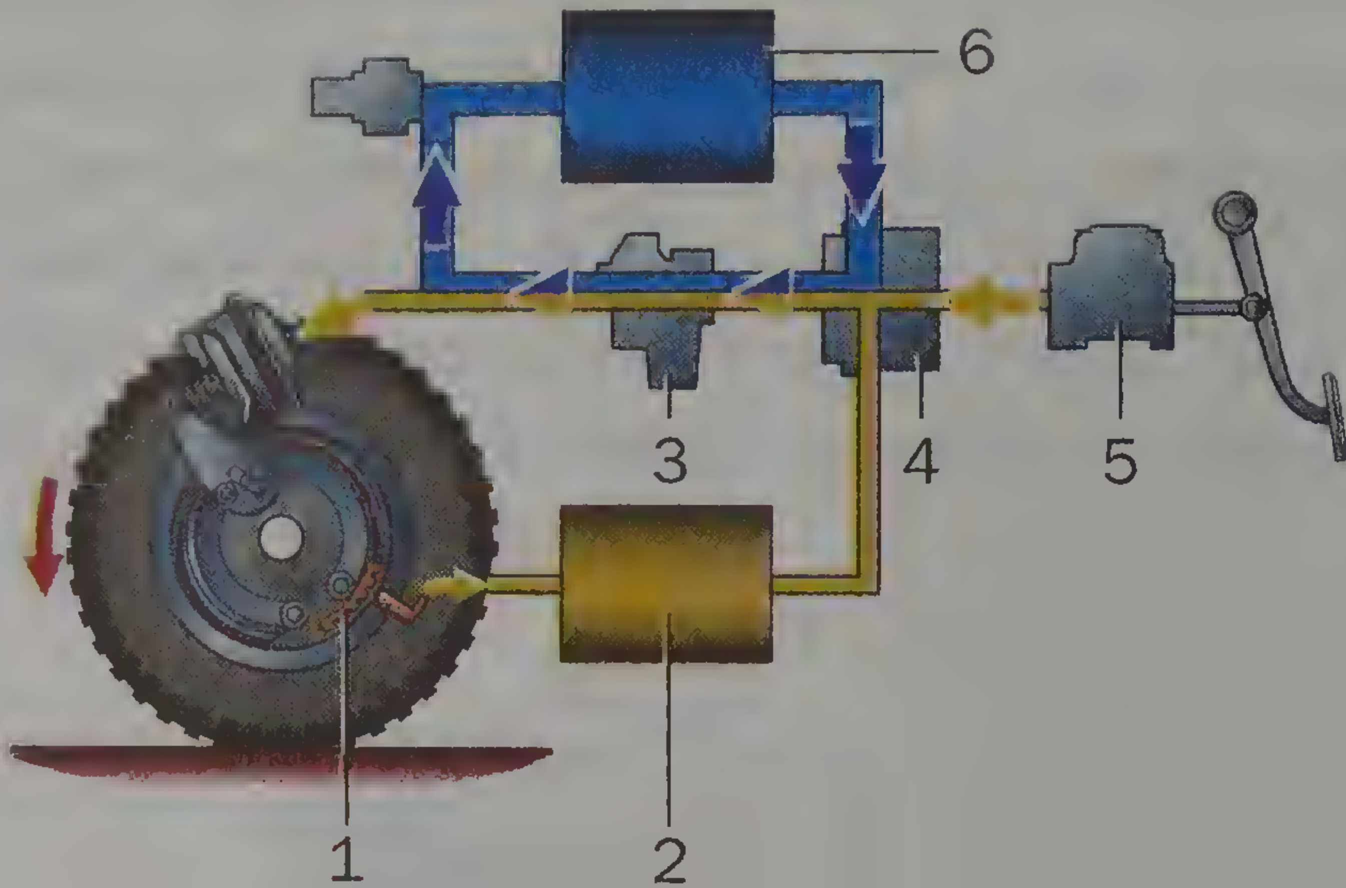

5
6
4
3
2
1
А1
Б1
А2
Б2
7
8
10
9
20
Е
19
18
13
Д
17
16
23
22
Г
21
15
14
13
В
12
11

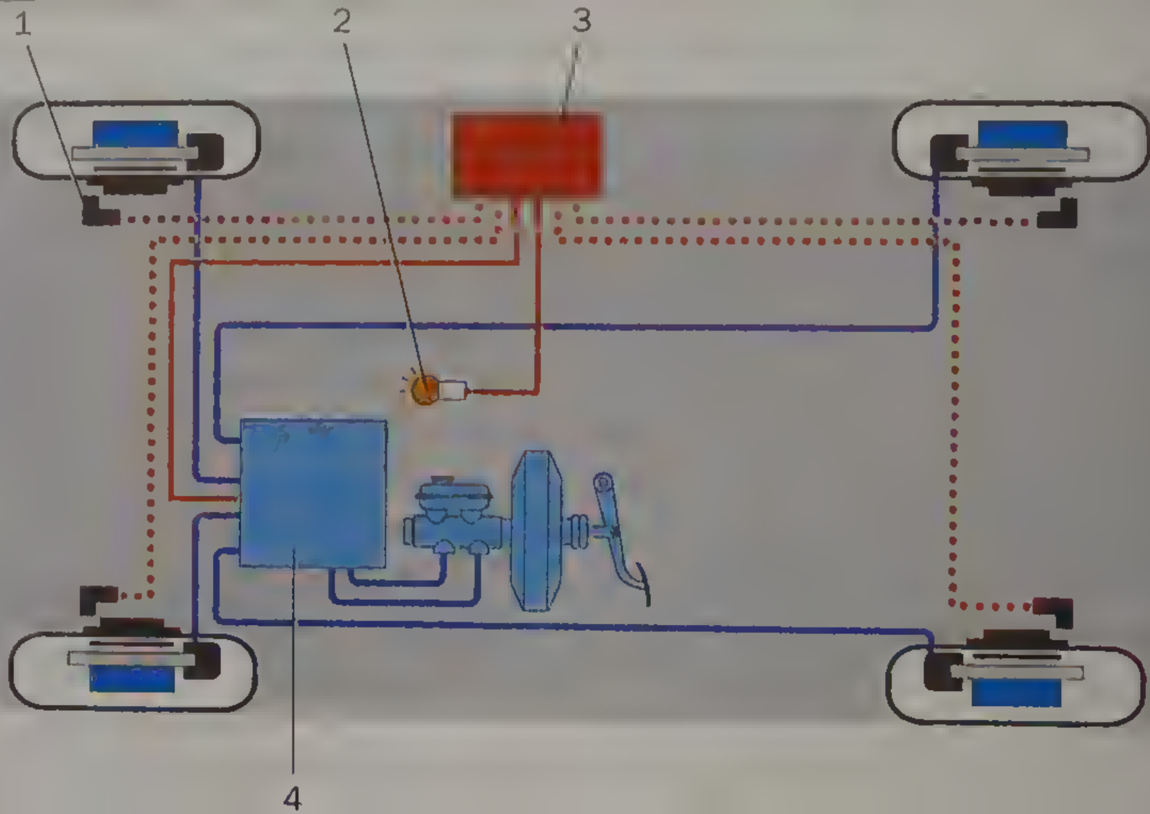

Воздух (поступает
в заднюю камеру)
Воздух
Воздух
Вакуум
(разрежение)
Б
А
1
5
6
Вакуум из
впускного
коллектора
2
3
4

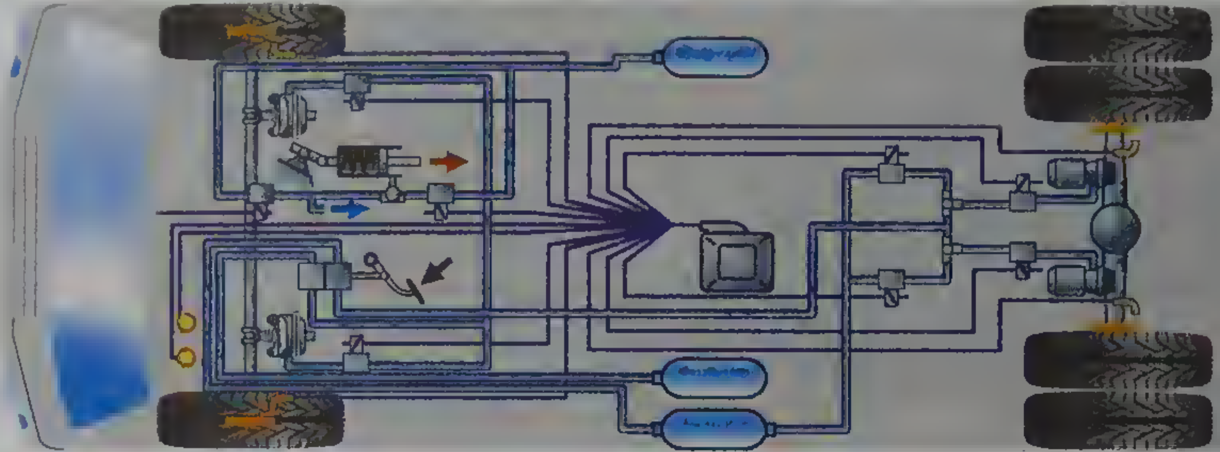

3
2
7
1
Воздух
5
4
6

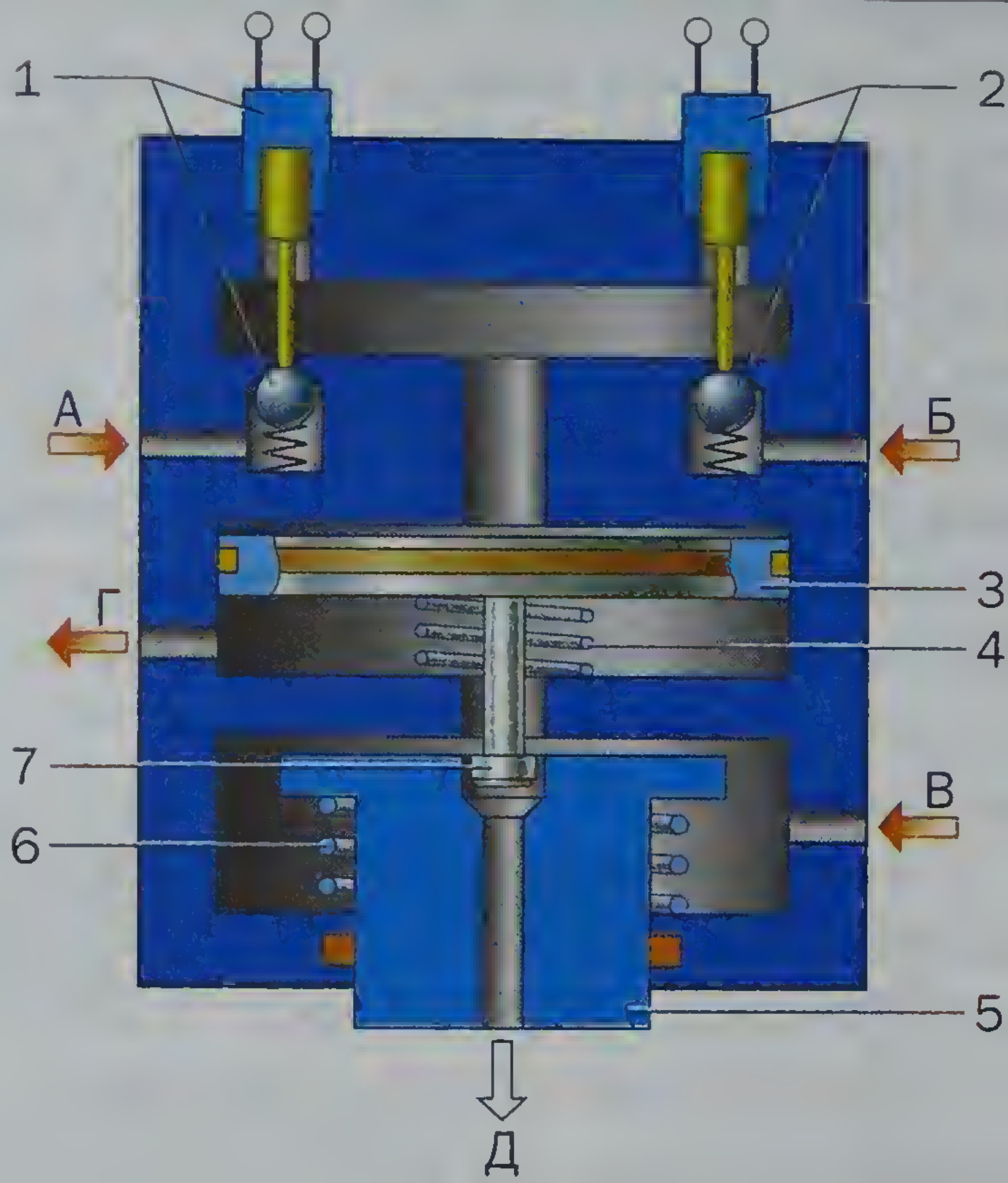

а
Из компрессора
1
2
3
4
5
6
7

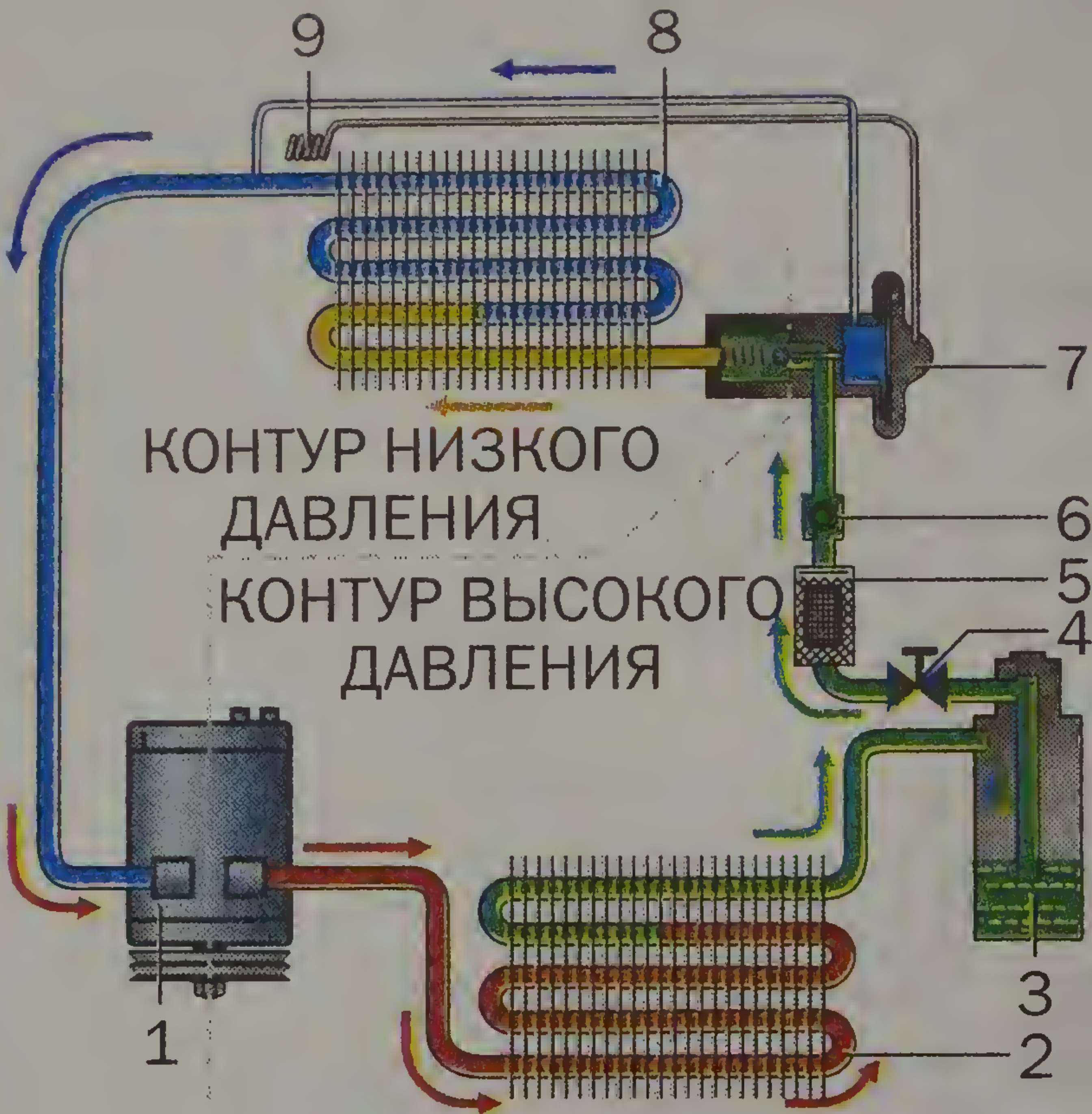

б

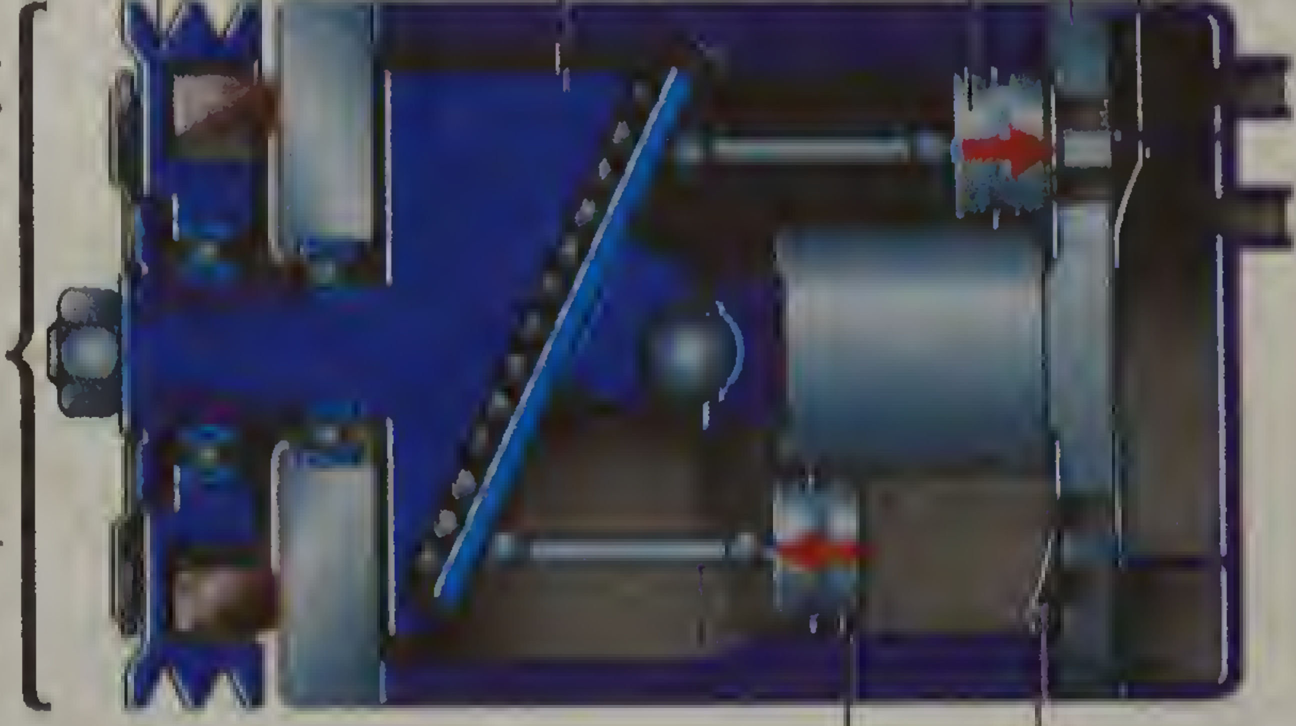

6
3
4
5
1
2


1
2
3
4




1
2
А
Б
3
Г
4
7
В
6
5
Д


9
8
7
КОНТУР НИЗКОГО
ДАВЛЕНИЯ
6
5
КОНТУР ВЫСОКОГО
ДАВЛЕНИЯ
4
3
1
2


Электромагнитная муфта
1
2
3
4
5
6
4
6